

5.- Estudio Geológico-Geotécnico zona Balsa 24. T.M. Fraga (Huesca)

PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA
(HUESCA/LÉRIDA)
ANEJO nº 18.- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

ÍNDICE:

1 Introducción

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Descripción del proyecto
- 1.3 Localización
- 1.4 Antecedentes

2 Trabajos realizados

- 2.1 Trabajos de campo
 - 2.1.1 Calicatas
 - 2.1.2 Sondeos
 - 2.1.3 Ensayos de penetración dinámica
 - 2.1.4 Inventario de taludes
- 2.2 Trabajos de laboratorio

3 Características geológicas de los materiales del subsuelo

- 3.1 Geología general
- 3.2 Descripción litológica
- 3.3 Niveles geotécnicos
- 3.4 Sismicidad
- 3.5 Hidrología e impermeabilización

4 Conclusiones

- 4.1 Metodología de cálculo
- 4.2 Excavabilidad
- 4.3 Aprovechamiento de materiales
- 4.4 Estabilidad de taludes
- 4.5 Condiciones de cimentación

5 Recomendaciones

- 5.1 Excavación y aprovechamiento de materiales
- 5.2 Taludes en desmonte
- 5.3 Taludes en terraplén
- 5.4 Cimentación

5.5 Agresividad

5.6 Sismicidad

5.7 Impermeabilización

6 Resumen

ANEJOS

Anejo 1. Situación de trabajos de campo

Anejo 2. Descripción litológica de las calicatas

Anejo 3. Registro de los sondeos y ensayos de permeabilidad Lefranc

Anejo 4. Registro de los ensayos de penetración dinámica

Anejo 5. Inventario de taludes

Anejo 6. Ensayos de laboratorio

Anejo 7. Cortes geológico-geotécnicos

Anejo 8. Fotografías

1 Introducción

Los trabajos que a continuación se describen se centran en describir las condiciones geológico-geotécnicas que presentan los materiales respecto al “Proyecto de balsas de gestión y tuberías directas y balsas de la zona regable del Canal de Aragón y Cataluña (Huesca-Lleida)”, concretamente se analizará la balsa nº 24, localizada en el término municipal de Fraga (Huesca).

Los trabajos de campo se realizaron durante el mes de agosto de 2.010 y se han ejecutado bajo la supervisión de los técnicos de GHM Consultores S.L.P.

1.1 Objetivos

El objetivo del presente informe es:

- Describir las características geológico-geotécnicas que presenta el sustrato en el emplazamiento sobre el que se va a ampliar y acondicionar la balsa de regulación. Tiene como fin describir cuál es la situación que presentan dichos materiales, así como los correspondientes al relleno antrópico correspondiente al terraplén de la balsa existente, con respecto a las características de resistencia, excavabilidad, estabilidad de los taludes, aprovechamiento de materiales para la obra y presencia del nivel freático. A partir de estos resultados se determinarán las conclusiones del informe, encaminadas a valorar la idoneidad de la ubicación propuesta para el proyecto.

1.2 Descripción del proyecto

El proyecto para la balsa nº 24, situada en Fraga, prevé mantener la disposición actual, impermeabilizando los taludes. Además, se comprobará la viabilidad de la ampliación de la misma en una de las zonas.

1.3 Localización

La balsa número 24, objetivo del presente estudio, se localiza dentro de la Comunidad Autónoma de Aragón, concretamente en el término municipal de Fraga (provincia de Huesca), a 4 km al noreste de dicha localidad.



Figura 1. Localización de la zona de estudio dentro de la Península Ibérica.



Figura 2. Localización de la zona de estudio de la balsa (encuadrada en rojo).

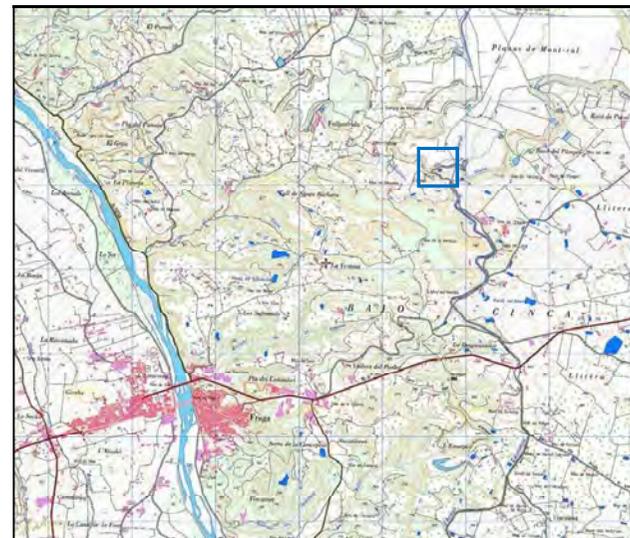


Figura 3. Localización de la balsa 24 (encuadrada en azul) 4 km al noreste de Fraga.



Figura 4. Foto aérea de la balsa 24, encuadrada en amarillo.

1.4 Antecedentes

Para la realización del presente estudio, se ha tenido en cuenta el Mapa Geológico Nacional, a escala 1:50.000, de Fraga (387).

2 Trabajos realizados

Para la realización del presente estudio, se han llevado a cabo diferentes trabajos encaminados a la obtención de las características geológico-geotécnicas del sustrato. Para ello se ha ejecutado una campaña de campo con la obtención de parámetros in situ y recogida de material para su análisis en laboratorio.

2.1 Trabajos de campo

Se han realizado, durante la campaña de campo, para el reconocimiento superficial y de medio alcance, dos (2) calicatas. Para la determinación del perfil de resistencia de los materiales en profundidad se han realizado dos (2) sondeos a rotación, con 15,20 m perforados en total. Se podrá consultar la localización de los trabajos de campo realizados en el Anejo 1 de este informe. Adicionalmente se ha realizado, en la zona del terraplén, una ficha de talud para su caracterización, así como dos (2) ensayos de penetración dinámica para comprobar la compactación del mismo.

2.1.1 Calicatas

Las 2 calicatas se ejecutaron con una retroexcavadora mixta NEW HOLLAND LB 115, con un cazo de 60 cm de anchura. Se han denominado con nomenclaturas sucesivas, de la siguiente manera: C-F1 y C-F2.

Fueron llevadas a cabo hasta una profundidad variable, se continuaron hasta que fue posible avanzar, ya fuese por el terreno o por el alcance de la máquina.

En las calicatas se recogió información de tipo geológico; espesor, geometría y disposición de los diferentes materiales del subsuelo, granulometría, así como de tipo geotécnico como la excavabilidad y su rendimiento, estabilidad de las paredes de excavación, presencia de agua y profundidad máxima de avance.

Las calicatas quedaron abiertas durante un lapso de tiempo suficiente para observar su evolución en lo referente a desplomes, caída de detritus, afloramientos de agua y deslizamientos.

Todas las calicatas fueron supervisadas por un geólogo en campo durante su desarrollo, que asimismo tomó registro escrito de la información de la calicata.

En la tabla que aparece a continuación, viene detallada la localización de cada una de las calicatas ejecutadas:

Calicata	X UYM	Y UTM	Huso
C-F1	281.650	4.603.190	31
C-F2	281.728	4.603.205	31

Tabla 1. Coordenadas UTM de las calicatas realizadas en la zona de estudio.

De todas las calicatas se obtuvo muestra tipo alterada (M.A.) para su posterior ensayo en laboratorio. Se podrá consultar el registro completo de las calicatas en el Anejo 2 de este informe.

2.1.2 Sondeos

Se han realizado dos sondeos a rotación con recuperación de testigo continuo, con una máquina TP-50D montada sobre orugas, con una profundidad máxima de 8,00 m.

Los sondeos se ejecutaron con el fin de determinar las condiciones de los materiales en profundidad en la zona de la balsa. El emplazamiento de los sondeos es una zona donde los materiales aflorantes son principalmente limos y arcillas de origen Terciario. En la zona del terraplén se ha identificado una unidad de rellenos compactados compuesta por limos y arcillas.

En el interior de los sondeos se han realizado ensayos de resistencia tipo SPT y se han tomado muestras inalteradas (MI). Adicionalmente, se ha realizado en ellos cuatro (4) ensayos de permeabilidad Lefranc a carga variable, para conocer la permeabilidad del terreno en la zona de las balsas.

A partir de los ensayos realizados en el sondeo, se han recogido muestras que han sido llevadas al laboratorio para su posterior análisis. Se recoge a continuación la localización de los sondeos y las muestras de resistencia realizadas.

Sondeo	X UYM	Y UTM	Huso
S-F1	281.664	4.603.195	31
S-F2	281.683	4.603.154	31

Tabla 2. Coordenadas de los sondeos de la balsa.

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	N ₃₀
S-F1	SPT-1	1,30-1,90	23
	SPT-2	4,00-4,15	50R
S-F2	SPT-1	0,60-1,20	18
	MI-1	1,60-2,20	9
	MI-2	3,40-4,00	8

Tabla 3. Ensayos y profundidades realizados en los sondeos de la balsa.

Se podrá consultar el registro exacto de los sondeos en el Anejo 3 de este informe.

2.1.3 Ensayos de penetración dinámica

Se han realizado dos (2) ensayos de penetración dinámica con el fin de obtener la resistencia de los materiales para el cálculo de la estabilidad del terraplén construido en la balsa de Fraga.

El trabajo ha sido realizado con un penetrómetro dinámico super-pesado o DPSH (*dynamic probing super heavy*), de las siguientes características:

- Peso de la maza 63,5 kg + 0,5 kg
- Peso de varillaje 8 kg/m
- Peso de la puntaza 1,50 kg
- Altura de caída 76 cm
- Superficie de la puntaza cónica 19,5 cm²
- Diámetro de varillaje 33 mm ± 2 mm

Los ensayos consisten en la hinca en el terreno de la puntaza a percusión mediante la energía suministrada por la maza, dejándose caer desde su altura previamente fijada. A lo largo de los ensayos se han anotado la serie numérica de golpes necesarios para hacer penetrar la puntaza en longitudes sucesivas de 20 cm. El varillaje empleado es de 32 mm de diámetro, lo que da una sección de 8,55 cm², en tanto que la de la puntaza es de 19,5 cm², es decir, que esta última resulta ensanchada para que el rozamiento del terreno a lo largo del varillaje sea mínimo. En la bibliografía geotécnica al uso se establece la relación de golpes del dispositivo DPSH con el N_{SPT} de la siguiente manera:

$$N_{DPSH} \times 1,5 = N_{SPT}$$

Los resultados obtenidos con este ensayo proporcionan una clara información cualitativa de las condiciones geotécnicas del subsuelo, pudiendo también, emplearse de manera cuantitativa para obtener aproximaciones a la carga admisible de trabajo en cimentaciones.

La denominación del ensayo corresponde a un número correlativo, precedido de las siglas PF (PF-1 y PF-2). Los ensayos se han llevado hasta el rechazo, siendo la profundidad máxima alcanzada de 6,20 m en el P-F2.

En el siguiente cuadro se resume la información extraída de los ensayos de penetración dinámica realizados en la parcela:

Nº ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA	PROFUNDIDAD RECHAZO (m)	X UYM	Y UTM	Huso
PF-1	6,00	281.655	4.603.163	31
PF-2	6,20	281.708	4.603.159	31

Tabla 4. Localización y profundidades alcanzadas en los ensayos de penetración.

Los dos ensayos de penetración dinámica se han realizado sobre los materiales de relleno, llegando al alcanzar al la zona del sustrato terciario.

La profundidad a la que se produce el contacto entre el relleno y el sustrato mioceno se encuentra a 4,50-5,00 m.

El ensayo PF-1 (sector suroeste del terraplén) refleja materiales poco compactados con golpes muy bajos con una media de 4, sin embargo el PF-2 (sectores centro y este) refleja golpes superiores a 10 casi en su totalidad, salvo en la zona de contacto con el sustrato terciario, donde descienden a valores de 5.

Se podrá consultar el registro exacto de los ensayos de penetración dinámica en el Anejo 4.

2.1.4 Inventario de taludes

Se ha realizado, de manera complementaria, una ficha de talud para caracterizar el estado del terraplén artificial de la balsa. La ficha obtenida aporta información sobre las características geológicas del sustrato, así como de las posibles inestabilidades que pueda presentar el terraplén. La ficha de talud se ha denominado con la nomenclatura T-1, y podrá ser consultada en el Anejo 5: Inventario de taludes.

2.2 Trabajos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio se han realizado sobre las muestras obtenidas en campo. Todos los ensayos se realizaron en laboratorios acreditados y mediante procedimientos normalizados de acuerdo a normas UNE y NLT. De igual forma se toma en cuenta la Norma de Hormigones EHE para la obtención de parámetros encaminados a determinar si los hormigones de la obra serán susceptibles de ataques químicos y por tanto prever la utilización de tipos sulforresistentes.

Para la caracterización de los materiales como rellenos de terraplén o como apoyo de estos se observan los parámetros establecidos en el pliego general PG-3.

Los ensayos se han realizado sobre Testigo Parafinado (T.P.) y muestra de Ensayo de Penetración Estándar (*Standard Penetration Test* o S.P.T.) obtenidas en los sondeos, mientras que a partir de las calicatas se han obtenido muestras alteradas.

En la **Tabla 5** (página siguiente) se recogen los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. Los registros completos de los ensayos de laboratorio se recogen en el Anejo 6 de este informe.

Tabla de ensayos de laboratorio:

CALICATA / SONDEO	MUESTRA	PROF. (m)	GRANULOMETRÍA (%) *			LÍMITES		USCS	M.O.	CO ₃	SO ₄ ⁻	W _{nat}	γ _s	γ _{sp}	k	PRÓCTOR		TRIAxIAL CU		COMP. SIMPLE		EDÓMETRO	PIN HOLE	LAMBE
			GRAVA	ARENA	FINOS	LL	IP									W _{op}	D _{max}	c'	φ'	q _u	ε	Cc	Clasif.	PVC
C-F1	MA-1 (SACO)	2,00-2,20	0,2	1,39	98,41	43,3	16,8	ML	0,197	16,92	28,988					12,65	1,79						ND1	NO CRITICO
C-F2	MA-1 (SACO)	1,40-1,60	1,1	4,44	94,46	39,5	14,0	ML	0,245	16,51	20,772					13,48	1,87						ND1	NO CRITICO
S-1	SPT	1,30-1,90	0	0,84	99,16	33,8	11,3	ML																
S-1	TP	1,90-2,10	0	0,52	99,48	54,0	23,4	ML				16,55		1,800						1,46	6,0			
S-1	TP	3,50-3,80	0,7	8,35	90,95	49,9	27,1	ML				12,91	1,610					0,10	31,2			0,17		
S-1	TP	5,80-6,20	3,6	3,07	93,33	34,2	15,3	ML				12,70	1,960	2,208										
S-1	TP	7,60-8,00	4,1	4,65	91,25	64,0	34,2	ML			29,436	13,71		1,890						2,19	4,9			
S-2	SPT	0,60-1,20	2,2	3,46	94,34	34,6	10,9	CL																
S-2	MI	1,60-2,20	4,9	11,82	83,28	31,4	10,8	CL				19,24	1,640		4,46X ⁻⁷			0,10	34,4					
S-2	TP	5,70-6,00	0	0,25	99,75	54,6	24,0	ML							1,80X ⁻⁸									

*Los datos de granulometría incluidos en la presente tabla hacen referencia a los ensayos de granulometría por tamizado. Se pueden consultar las granulometrías por sedimentación (2 ensayos), en el Anejo 6: Ensayos de laboratorio.

Tabla 5. Ensayos realizados en la zona de la balsa nº 24 Fraga.

Clave para la tabla de ensayos (Tabla 5):

Granulometría: UNE 103101.

Grava: % de material que retiene el tamiz con luz de malla de 5 mm.

Arena: % de material que pasa por el tamiz de 5 mm y lo retiene la malla de 0,08 mm.

Finos: % de material que pasa por el tamiz con luz de malla de 0,08 mm (pasan finos, es decir, arcillas y limos).

Límites de Atterberg: UNE 103103 y 103104.

LL: Límite líquido (%).

IP: Índice de plasticidad (%).

Agresividad química del suelo:

M.O.: Contenido en materia orgánica (%). UNE 103204.

CO₃: Contenido en carbonatos (%). UNE 103200.

SO₄⁻: Contenido de ión sulfato (mg/kg).

W_{nat}: Humedad natural (%). UNE 103300.

γ_s: Densidad seca (kg/cm³).

γ_{ap}: Densidad aparente (kg/cm³).

Ensayo de compactación (proctor normal): UNE 103500.

D_{max}: Densidad máxima (T/m³) obtenido del ensayo proctor normal/modificado.

W_{op}: Humedad óptima (%) obtenida del ensayo proctor normal/modificado.

Ensayo triaxial en suelos: UNE 103402.

c': Valor de la cohesión (kp/cm²) obtenida del ensayo triaxial de un suelo.

Φ': Valor del ángulo de rozamiento interno (°) obtenido del ensayo triaxial de un suelo.

Ensayo de compresión simple o uniaxial en suelo/roca: UNE 103400 / 22950-90.

q_U: Rotura a compresión simple o uniaxial en probetas de roca (kp/cm²).

ε: Módulo de deformación (%).

Ensayo edométrico para medida de la consolidación unidimensional: UNE 103405.

Cc: Índice de compresión.

Dispersabilidad por tubificación PIN-HOLE: NLT-207

Clasificación: ND1 (No Dispersivo Tipo 1).

Ensayo LAMBE: UNE-103.600

PVC: Cambio potencial de volumen.

3 Características geológicas de los materiales del subsuelo

3.1 Geología general

Geológicamente, la región se sitúa en la zona central de la Cuenca del Ebro. La Cuenca corresponde a la cuenca de antepaís de la Cordillera Pirenaica. El sustrato de la Cuenca del Ebro está constituido por un zócalo paleozoico, sobre el que se dispone una cobertura mesozoica incompleta, con predominio de materiales jurásicos y triásicos.

Los materiales que constituyen el relleno de la cuenca son sedimentos, de origen continental y de edad Oligoceno superior a Mioceno inferior. Hacia el NE afloran facies detríticas de origen aluvial, con escasas intercalaciones carbonáticas de origen lacustre. Hacia el SO predominan las facies carbonáticas con algunas intercalaciones detríticas y, ocasionalmente, con presencia de yesos nodulares dispersos en la masa arcillosa.

Los materiales presentan una disposición subhorizontal, observándose buzamientos de 2 a 3°, tan sólo a escala regional. Los depósitos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental. No se aprecian estructuras tectónicas cartografiadas importantes en la región.

Desde el punto de vista geomorfológico presenta unidades de cuesta intermedia, terrazas y glacis.

3.2 Descripción litológica

En este apartado, se describen las características litológicas de las unidades estratigráficas diferenciadas en los sondeos, calicatas y ensayos de penetración dinámica.

- Nivel 0: Terreno vegetal.

En la balsa 24 (Fraga) aparecen suelos vegetales en la zona norte de la balsa, junto a la carretera. Estos presentan un espesor máximo de 0,60 m.

- Nivel 1: Rellenos antrópicos compactados.

Este nivel corresponde a los materiales seleccionados para la ejecución de los terraplenes que actúan como dique en la balsa 24 (Fraga).

- Nivel 2: Sustrato terciario: Areniscas y arcillas rojas con yeso del Oligoceno Superior. Corresponde con la unidad estratigráfica nº 3 del Mapa Geológico de Fraga (387) y aparece en la balsa nº 24. Se compone de areniscas pardo-amarillentas y rojizas, de tamaño de grano medio a grueso, en bancos de hasta 3 m de espesor. Estos cuerpos arenosos están inmersos en una masa arcillosa y limolítica de tonalidades rojizas, con yeso nodular y delgados niveles estratiformes de yeso nodular y fibroso.

Los materiales que han aparecido en las investigaciones son las arcillas y limos rojizos.

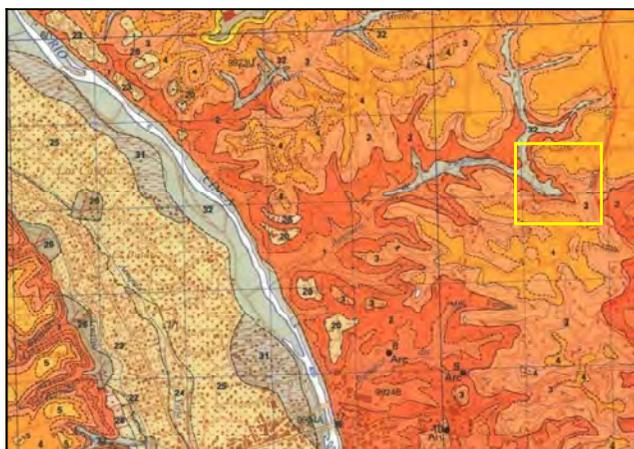


Figura 5. Recorte del Mapa Geológico Nacional nº 387 (Fraga) a escala 1:50.000, con la zona de la balsa nº 24 encuadrada en amarillo.

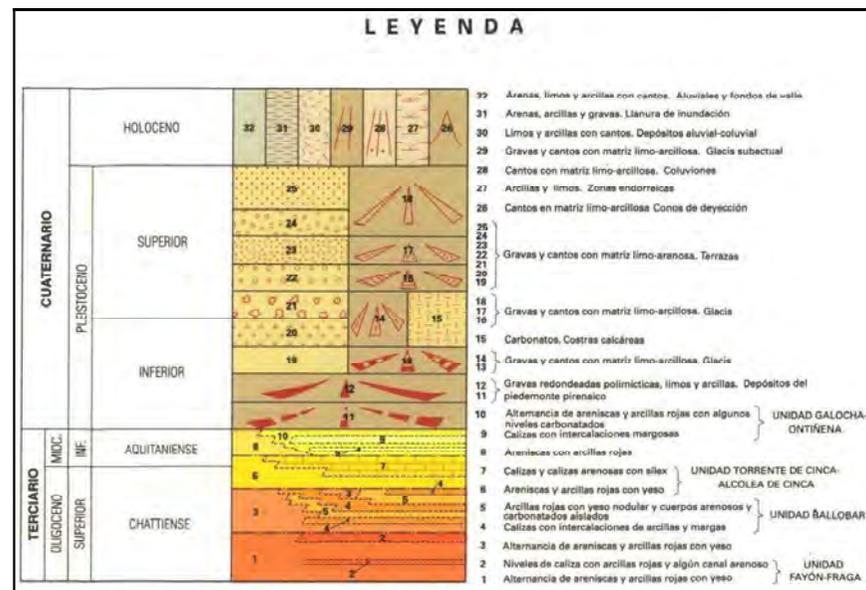


Figura 6. Leyenda del Mapa Geológico Nacional nº 387 (Fraga) a escala 1:50.000.

3.3 Niveles geotécnicos

De las unidades geológicas establecidas se procede a su reagrupamiento para clasificarlas en función de sus características geotécnicas:

UN. GEOTEC.	FORM. GEOLÓGICA	LITOLÓGIA
UG-0	Terreno vegetal	Arcilla arena y grava
UG-1	Rellenos compactados	Arcilla con grava y arena (terraplén)
UG-2	Sustrato terciario	Limos y Arcillas (ML, CL)

Tabla 6. Niveles geotécnicos presentes en la zona de estudio.

Para completar los resultados obtenidos en laboratorio, se han realizado una serie de cálculos con los datos obtenidos en campo. A continuación se expone la metodología empleada en la realización de dichos cálculos.

Se toma como N_{SPT} la suma del golpeo obtenido en los tramos 2º y 3º (N_{30}). Si se alcanzó rechazo en alguno de estos tramos, el valor atribuido es de 50 golpes. Dado que la suma de los golpes de estos tramos puede resultar un número superior a 50, se igualará en estos el golpeo.

Para la obtención de los parámetros geotécnicos, se han empleado los datos de laboratorio, la información recogida in situ en la campaña de campo, así como las expresiones propuestas por Meyerhof (1956) y fórmulas y tablas al uso (Jiménez Salas y Justo Alpañes, 1975; Terzaghi y Peck 1948; Hunt, 1984) a partir de la correlación de los datos del N_{SPT} , obtenido del golpeo de los ensayos SPT realizados in situ en los sondeos, así como de la información bibliográfica (Manual de Taludes e Ingeniería Geológica).

Unidad Geotécnica 0:

Tierra vegetal

Esta unidad engloba hace referencia a los niveles más superficiales del terreno natural, ubicados al norte y noroeste de la balsa, en la parte alta del talud excavado, junto a la carretera (zona superior del área prevista para la excavación y ampliación de la balsa). Estos depósitos, con un espesor máximo de 0,60 m y un alto contenido en materia orgánica, presentan unas características pésimas para su empleo en obra (construcción de rellenos, etc.)

El suelo vegetal puede ser útil como sustrato de vegetación lo que es de interés para la restauración paisajística de la obra, toda vez que no se emplee como elemento resistente.

Por tanto se recomienda la acumulación del suelo vegetal en acopios para su empleo en la recuperación del paisaje dañado por la obra.

El espesor de tierra vegetal es variable pero siempre inferior a 0,60 metros. Es, en cualquier caso, excavable a lo largo de toda su extensión.

Unidad Geotécnica 1

Rellenos compactados (Terraplén)

Esta unidad engloba los materiales que forman el dique de la balsa. Se han tomado muestras de esta unidad en el sondeo S-F2 (SPT-1, MI-1 y MI-2), con el fin de determinar sus características geológico-geotécnicas.

Ensayos de caracterización geotécnica del material

Se recoge a continuación un cuadro resumen de las características geotécnicas.

Investigación	Prof.	USCS	Granulometría			Plasticidad*	
			Gravas	Arena	Finos	LL	IP
S-F2 SPT-1	0,60-1,20	CL	2,20	3,50	94,30	34,6	10,9
S-F2 MI-1	1,60-2,20	CL	4,90	11,80	83,30	31,4	10,8

Tabla 7. Granulometría expresada en % del peso. La plasticidad (Límites de Atterberg) se refiere a la fracción fina. Humedad en %.

Granulométricamente se trata de una arcilla de baja plasticidad con un contenido variable en arena (entre indicios y algo) e indicios de grava.

Ensayos de caracterización geomecánica

Para determinar la resistencia de los materiales que componen esta unidad, se ha realizado un ensayo triaxial sobre la muestra inalterada MI-1 del sondeo S-F2, consolidado y no drenado (CU). El resultado arroja valores de 0,1 kp/cm² de cohesión y 34,4º de ángulo de rozamiento interno.

A partir de los ensayos de campo realizados, se ha observado que existen diferentes grados de compactación en el terraplén, así el ensayo P-F1 (suroeste del dique) refleja golpes muy bajos (menores de 4) que indican escasa compactación, y el ensayo P-F2 (sureste del dique) ofrece unos golpes superiores (por encima de 10) propios de un material compactado. Se han determinado los parámetros resistentes en función del grado de compactación.

Material	Prof. (m)	γ_{seca}	ϕ	C'
CL (compactado)	0,00-4,40	1,64	34,4	0,1
CL (sin compactar)	0,00-4,40	1,5	29	0,1

Tabla 8. Caracterización geomecánica inferida a partir del golpeo del N_{SPT} y los ensayos de laboratorio. γ_{seca} : densidad seca en g/cm^3 . ϕ : Ángulo de rozamiento interno en grados sexagesimales C': cohesión en kp/cm^2 .

Unidad Geotécnica 2

Sustrato terciario: Arcillas

Esta unidad comprende los terrenos terciarios arcillosos, que presentan un contenido variable en yesos y carbonatos. Aparece en las dos balsas y, aunque pertenece a unidades estratigráficas diferentes, su comportamiento geotécnico es equivalente.

Ensayos de caracterización geotécnica del material

Se recoge a continuación un cuadro resumen de las características geotécnicas:

Zona de estudio	Investigación	Prof.	USCS	Granulometría			Plasticidad*	
				Gravas	Arena	Finos	LL	IP
Balsa 24 (Fraga)	C-F1 MA-1	2,00-2,20	ML	0,2	1,4	98,4	43,3	16,8
	C-F2 MA-1	1,40-1,60	ML	1,1	4,4	94,5	39,5	14,0
	S-F1 SPT-1	1,30-1,90	ML	0	0,8	99,2	33,8	11,3
	S-F1 TP-1	1,90-2,10	ML	0	0,5	99,5	54,0	23,4
	S-F1 TP-2	3,50-3,80	ML	0,7	8,3	91	49,9	27,1
	S-F1 TP-3	5,80-6,20	ML	3,6	3,1	93,3	34,2	15,3
	S-F1 TP-4	7,60-8,00	ML	4,1	4,6	91,3	64,0	34,2
S-F2 TP-1	5,70-6,00	ML	0	0,2	99,8	54,6	24,0	
Estudio realizado en Zaidín	C-Z3 MA-1	3,50-3,70	ML	0,1	1,9	98,0	38,4	18,1
	C-Z6 MA-1	4,00-4,20	ML	2,8	5,4	91,8	42,7	20,2
	S-Z1 TP-1	3,80-4,00	ML	0,3	1,8	97,9	41,9	20,4
	S-Z1 TP-3	8,60-9,10	ML	0,1	1,7	98,2	63,8	32,8
	S-Z2 SPT-2	5,20-5,80	ML	0	0,7	99,3	55,7	24,0
	S-Z2 TP-3	8,80-9,20	ML	0,3	1,1	98,6	40,2	18,4

Tabla 9. Granulometría expresada en % del peso. La plasticidad (Límites de Atterberg) se refiere a la fracción fina. Humedad en %. N.P. significa "no plástico".

Granulométricamente y a partir de ensayos de granulometría por sedimentación, se trata de un limo y algo de arcilla de plasticidad variable, con un contenido de indicios de arena y prácticamente nada de grava. Los ensayos de expansividad realizados reflejan al material como no crítico, por lo que no se esperan problemas referentes a este aspecto.

Se han realizado dos ensayos de permeabilidad, dando resultados entre $1,80 E^{-8}$ cm/s y $2,27 E^{-8}$ cm/s.

Ensayos de caracterización química

Investigación	Prof.	M.O.	CaCO ₃	SO ₃ ⁼⁼
S-F1 TP-4	7,60-8,00	-	-	29.436
C-Z3 MA-1	3,50-3,70	0,394	49,34	1.096
C-Z6 MA-1	4,00-4,20	0,401	39,51	626

Tabla 10. M.O.: Contenido en materia orgánica en %; CaCO₃: Contenido de carbonato en %; SO₃⁼⁼: Contenido en sulfatos en mg/kg.

Siendo los valores de los ensayos de contenido en sulfatos superiores a 2.000 mg/kg, se considera que **el terreno es agresivo** frente al hormigón, **siendo necesario** el empleo de aditivos especiales.

Ensayos de caracterización geomecánica

Para determinar la resistencia de los materiales que componen esta unidad, es decir, el ángulo de rozamiento interno y la cohesión, se han realizado tres ensayos de resistencia a compresión simple o uniaxial y dos ensayos triaxiales, sobre muestra inalterada, consolidada y no drenada (CU). Los resultados aparecen resumidos en la siguiente tabla:

Zona estudio	Investigación	Prof.	S _c	ε	C	φ
Balsa 24 (Fraga)	S-F1 TP-1	1,90-2,10	1,46	6	-	-
	S-F1 TP-2	3,50-3,80			0,10	31,21
Estudio realizado en Zaidín	S-Z1 TP-2	6,20-6,50	0,6	2,4		
	S-Z1 TP-3	8,60-9,10	-	-	0,26	25,4
	S-Z1 TP-4	7,60-8,00	2,19	4,9	-	-

Tabla 11. S_c: Resistencia a compresión simple en kp/cm². ε: Deformación en % del ensayo de resistencia a compresión simple. C: Cohesión en kp/cm² obtenida del ensayo triaxial. φ: Ángulo de rozamiento interno en grados sexagesimales obtenido del ensayo triaxial.

Se considera que los valores de resistencia a compresión simple no son elevados, debido a que el material es un limo con arcilla, el cual presenta unas características mixtas entre material granular y cohesivo.

Se han realizado dos ensayos edométricos: S-F1 3,50-3,80 m y S-Z2 7,60-8,00 m (éste último realizado en la zona de Zaidín) con valores de C_c de 0,17 y 0,10, respectivamente. Estos valores clasifican al suelo como poco compresible a medianamente compresible por lo que no se espera interferencias de la obra con los asentamientos posibles de los diques.

Adicionalmente, se han realizado sobre muestras remoldeadas cuatro ensayos Lambe para la identificación de posibles problemas de hinchamiento o retracción. En todos ellos (C-F1, C-F2, C-Z3 y C-Z6, *estos dos últimos realizados en la zona de Zaidín*), el resultado ha sido "No crítico", lo que indica que no se espera problemas en este sentido.

3.4 Sismicidad

Según la Norma sismorresistente (NSCE-02) para la edificación y la cartografía que adjunta, la aceleración básica sísmica a_b es menor de 0,04 en la zona de estudio, con un coeficiente de contribución $k = 1,0$, por lo que no es necesario la aplicación de esta normativa.



Figura 7. Localización del área de estudio en el Mapa sísmico

3.5 Hidrología e impermeabilización

Hidrográficamente los cauces presentes en la región son tributarios del río Ebro, fundamentalmente a través de los ríos Alcanadre y Cinca. Hacia el este el drenaje se produce por una red de vales o cursos de agua esporádicos que convergen en el río Segre, en las proximidades de la localidad de Alcarrás.

El río Cinca discurre en dirección NO-SE, presentando a su paso por la estación hidrológica de Fraga un caudal medio de 94 m³/s. El río presenta un marcado carácter alóctono, manteniendo caudal a lo largo del año, a pesar de la aridez de la zona, donde el agua circula por los barrancos tan sólo durante las lluvias.

Las zonas húmedas se enclavan normalmente en zonas endorreicas, habiendo sido acondicionadas antrópicamente para concentrar aguas de escorrentía, destinadas a regadío y abrevamiento de ganado. Las aguas de estas balsas son de tipo bicarbonatado cálcico, con mineralización media.

El principal acuífero de la zona es el depósito aluvial del río Cinca. Está formado por los niveles de terrazas, la llanura de inundación y el propio aluvial. De las terrazas sólo aparece conectado en continuidad el nivel inferior. El espesor de cada una de estas terrazas es de 3 m aproximadamente. Su litología característica es de gravas y cantos en una matriz limo-arcillosa.

La transmisividad presenta valores comprendidos entre 100 y 500 m²/día. La extracción de agua sirve mayoritariamente para el abastecimiento de granjas. Es notable el progresivo abandono del uso de las aguas subterráneas, debido al incremento de la utilización de aguas superficiales.

Los acuíferos terciarios presentan una permeabilidad baja o muy baja. Se incluyen en este grupo las facies areniscosas del Oligoceno superior y las calizas de la parte superior de la Unidad Torrente de Cinca. El nivel piezométrico se sitúa próximo a la superficie topográfica y adaptado a la misma.

El sustrato terciario, tanto en la parcela del presente estudio como en la zona de Zaidín, se considera impermeable a la luz de los ensayos Lefranc realizados en los sondeos, ya que se

obtienen unos valores de permeabilidad que oscilan entre $2,71 \times 10^{-4}$ m/d y $1,24 \times 10^{-5}$ m/d, por lo que se clasifica como impermeable.

El material del terraplén ha arrojado valores diferentes en cuanto a la permeabilidad obtenida en laboratorio y la obtenida en campo, debido a la diferencia de compactación del material donde se han realizado los ensayos. De esta manera tenemos una permeabilidad obtenida en laboratorio de $3,9 \times 10^{-4}$ m/d ($4,46 \times 10^{-7}$ cm/s) que se consideraría como impermeable, frente a la permeabilidad obtenida en ensayos Lefranc con $1,41 \times 10^{-2}$ m/d (2×10^{-5} cm/s) que se consideraría como semipermeable, propio de unos limos arenosos.

Se recoge a continuación una tabla con diferentes valores de permeabilidad y su clasificación como acuíferos (Custodio y Llamas 1983),

Permeabilidad m/día	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2	10^3	10^4
Calificación	Impermeables		Poco permeable	Algo permeable		Permeable			Muy permeable		
Calificación del acuífero	Acuícludo		Acuitardo	Acuífero pobre		Acuífero de regular a bueno			Acuífero excelente		
Tipo de materiales	Arcilla compacta Pizarra Granito		Limo arenoso Limo Arcilla limosa	Arena fina Arena limosa Caliza fracturada		Arena limpia Grava y arena Arena fina			Grava limpia		

Figura 8. Tipos de acuíferos y materiales en función de la permeabilidad.

Se recomienda la utilización de láminas de PEAD para la impermeabilización de la balsa, debido a la presencia de materiales parcialmente permeables (en función de su compactación) en el dique de la balsa.

4 Conclusiones

4.1 Metodología de cálculo

Para la realización de las conclusiones, se ha empleado diferente metodología de cálculo, con el fin de obtener las características de excavabilidad y aprovechamiento de materiales, inclinación de los taludes y tensión admisible del terreno.

Excavabilidad

La excavabilidad de los materiales presentes en la zona de estudio ha sido estudiada a partir de la realización de calicatas ejecutadas con una retroexcavadora mixta.

Criterios de clasificación de suelos

Se han tomado muestras de los materiales que van a ser excavados y se han clasificado según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales 3 o PG-3, para su aprovechamiento en obras de tierra.

Las disposiciones del vigente Pliego General de Condiciones para Obras de Carreteras y Puentes PG-3, más concretamente en su artículo 330, modificado según la Orden FOM/1382/2002, de 16 de mayo, publicada en el BOE 11-6-02, hace referencia solamente a terrenos naturales, clasificándose en 5 grupos: inadecuados, marginales, tolerables, adecuados y seleccionados.

Los parámetros de clasificación son:

- Contenido en finos.
- Plasticidad.
- Contenido en materia orgánica.
- Contenido en sales solubles.
- Contenido de yeso
- Granulometría.
- Hinchamiento.
- Índice de colapso

De acuerdo con este Pliego las condiciones mínimas a cumplir en el caso del **suelo seleccionado**, son las siguientes:

- Contenido de materia orgánica inferior al 0,02%.
- Contenido en sales solubles, incluido el yeso, inferior al 0,02%.
- Granulometría máxima no superior a 10 cm.
- Cernido tamiz 0,40 UNE menor o igual al 15%, o en caso contrario que cumpla todas las condiciones siguientes:
 - Cernido tamiz 2 UNE menor del 80%.
 - Cernido tamiz 0,40 UNE menor del 75%.
 - Cernido tamiz 0,080 UNE menor del 25%.
 - Límite líquido menor de 30.
 - Índice de plasticidad menor de 10.

Los **suelos adecuados** son aquellos que, no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados, cumplan las siguientes condiciones:

- Contenido de materia orgánica menor del 1%.
- Contenido en sales solubles, incluido el yeso, menor del 0,02%.
- Granulometría máxima no mayor a 10 cm.
- Cernido tamiz 2 UNE menor del 80%.
- Cernido tamiz 0,080 UNE menor del 35%.
- Límite líquido menor de 40.
- Si $LL > 30$, el índice de plasticidad será superior a 4.

Los **suelos tolerables** son tales que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados o adecuados, cumplen las siguientes prescripciones:

- Contenido de materia orgánica inferior al 2%.
- Contenido en yeso inferior al 5%.
- Contenido en sales solubles distintas al yeso inferior al 1%.
- Límite líquido menor de 65.
 - Si límite líquido es mayor de 40 ($LL > 40$), el índice de plasticidad debe cumplir: $IP > 0,73 (LL - 20)$.
- Asiento en el ensayo de colapso inferior al 1%.

- Hinchamiento libre menor del 3%, para muestra remoldeada según el ensayo Proctor Normal.

Se considera **suelo marginal** si no puede ser clasificado como tolerable, adecuado o seleccionado, y además cumple lo siguiente:

- Contenido de materia orgánica inferior al 5%.
- Hinchamiento libre menor del 5%, para muestra remoldeada según el ensayo Proctor Normal.
- Para límite líquido ($LL > 90$), el índice de plasticidad debe cumplir: $IP < 0,73 (LL - 20)$.

Se consideran **suelos inadecuados** todos los que no puedan ser englobados en uno de estos grupos; las turbas y los suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos (tocones, ramas...); y los suelos que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre ellos se desarrollen.

Criterios de clasificación de estabilidad de taludes

Para los materiales presentes en la zona de estudio, se ha realizado un análisis de estabilidad según los ábacos de Hoek y Bray, de 1977, para roturas circulares, con el fin de establecer el Factor de Seguridad (FS) que presentan los taludes.

Estos ábacos proporcionan un límite inferior del factor de seguridad obtenido, asumiendo que las tensiones normales en la superficie de deslizamiento se concentran en un único punto. Existen diferentes ábacos en función de la presencia y profundidad del nivel freático, que pudiera originar presiones intersticiales. En este caso se han empleado los ábaco 1 y 3 (ver Figuras 13 y 14, apartado 4.4 más abajo) donde el terreno se encuentra seco o parcialmente saturado.

Este cálculo se considera una aproximación, encontrándose del lado de la seguridad.

La formulación empleada es la siguiente:

c'

Parámetro adimensional: -----

$H * \tan \phi^{**} \lambda$

Se calcula en primer lugar un parámetro adimensional donde c' es la cohesión efectiva (en condiciones drenadas), H es la altura del talud, $tg\phi'$ es el ángulo de rozamiento interno efectivo, y λ es la densidad del terreno. Este valor nos da una recta radial en los ábacos, cuya intersección con la curva correspondiente al ángulo de talud, nos da un valor de $tg\phi' / FS$ y de $c' / (H \times \lambda \times FS)$. A partir de aquí se obtiene el Factor de Seguridad.

Ψ_t es el ángulo del talud

$$\Psi_t = \frac{tg \phi'}{FS}$$

$$FS = \frac{tg \phi'}{\Psi_t}$$

Criterios para la realización del cálculo de la tensión admisible

Para estimar el valor de la tensión admisible en suelos cohesivos resulta adecuada la comprobación de carga de hundimiento en el nivel de apoyo de la cimentación mediante el criterio general de rotura propuesto por Brich-Hansen, que viene dado por para la siguiente expresión:

$$q_h = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

donde:

q_h es la carga de hundimiento.

c es la cohesión del terreno.

N_c, N_q, N_γ son coeficientes de capacidad de carga, función del ángulo de rozamiento interno efectivo del suelo (ϕ'). Se denominan, respectivamente, factor de cohesión, de sobrecarga y de peso específico.

s_c, s_q, s_γ son coeficientes de forma, función de las dimensiones de la zapata en planta

d_c, d_q, d_γ son coeficientes de profundidad que permiten tener en cuenta el efecto de la resistencia del terreno sobre el plano de cimentación.

i_c, i_q, i_γ son coeficientes de inclinación, que tienen en cuenta el efecto de la inclinación de la resultante de la carga.

q es la presión vertical debida a la sobrecarga del terreno a la profundidad de cimentación.

B es el ancho del cimientto.

γ es el peso específico del suelo por debajo de la base de la cimentación. En el caso de que durante la vida útil de la cimentación el nivel freático pueda alcanzar el nivel de la cimentación, deberá considerarse el peso específico sumergido del suelo.

D profundidad (en m) del apoyo de la cimentación, con respecto a la superficie actual del terreno.

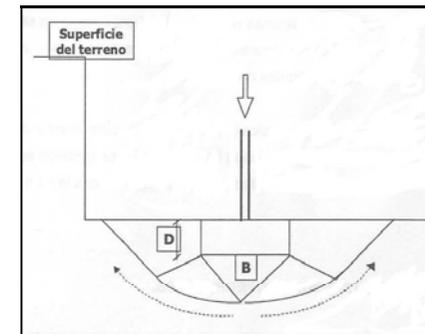


Figura 9. Diagrama en el que se observan los parámetro D y B.

En el caso de unas arcillas y limos, el ángulo de rozamiento interno se anula (a efectos de cálculo de resistencia), y la cohesión se corresponde con la resistencia al corte sin drenaje, quedando la fórmula:

$$q_h = Cu \cdot N_c + q$$

En los casos en que el terreno de sustitución presente menor densidad que el terreno natural, la q se desestima.

Criterios para el cálculo de los asentos

Para estimar la magnitud del asiento que se producirá en el terreno de apoyo de los diques, por efecto de la carga transmitida por estos, se aplica el método aproximado de Steinbrenner. La expresión que proporciona el asiento en el centro de la carga considerada flexible es la siguiente:

Donde:

A y B parámetros función del coeficiente de Poisson:

$$A = 1 - \nu^2$$

$$B = 1 - \nu - 2\nu^2$$

$\phi_1(a,b,z)$ y $\phi_2(a,b,z)$ parámetros función de las dimensiones del área cargada y de la profundidad del punto.

ν coeficiente de Poisson.

q carga media (kp/cm²).

b semiancho del cimiento (cm).

E módulo de deformación del terreno (kp/cm²).

Materiales Granulares: se considera que los materiales que presenten una condición granular predominante a las cotas donde se prevé la cimentación, se realizará el cálculo de la tensión admisible para terrenos granulares, mediante las expresiones de Terzaghi y Peck (1948).

Carga admisible	Ancho de zapata
$q_{adm} = (N_{SPT} \times s) / 8$	$B \leq 1,20 \text{ m}$
$q_{adm} = ((N_{SPT} \times s) / 12) \times (B + 0,3 / B)^2$	$B > 1,20 \text{ m}$

4.2 Excavabilidad

Sector norte de la balsa (zona prevista de excavación): La excavabilidad de los materiales presentes en la zona norte de la balsa se ha estudiado a partir de la realización de dos (2) calicatas, mediante una retroexcavadora mixta NEW HOLLAND LB 115.

Las calicatas ejecutadas para la excavabilidad de la balsa muestran, en su mayor parte, excavabilidad marginal en torno a 2,00 m de profundidad, donde aparece un nivel de argilitas muy cementadas, y se ofrece rechazo a la excavación.

Sector sur de la balsa (dique/terraplén): la zona del actual terraplén es excavable a lo largo de toda su extensión.

4.3 Aprovechamiento de materiales

Según los datos iniciales de proyecto, se contempla la posibilidad de recrecer la planta de la balsa en una zona y mantener o sustituir el terraplén existente en la otra. Se han analizado las características del sustrato natural para su empleo en obras de tierra

A partir de los datos de laboratorio y de la clasificación del PG-3 descrita en el apartado 4.1, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Los materiales ensayados en la zona de la balsa, pertenecientes a la UG-2 presentan los siguientes parámetros:

Calicata	Prof. (m)	# 2	# 0,08	LL	IP	CaCO3	M.O.	Lambe
CF-1	2,00-2,20	99,80	98,40	43,3	16,8	16,92	0,197	No crítico
CF-2	1,40-1,60	98,90	94,50	39,5	14,0	16,41	0,245	No crítico

Tabla 12. Valores de los ensayos realizados para la caracterización del suelo de cara a su aprovechamiento.

Siendo:

2 es el cernido, o material que pasa, por el tamiz 2 UNE, según UNE 103101.

0,08 es el cernido, o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE, según UNE 103101.

LL es el límite líquido según Límites de Atterberg: UNE 103103 y 103104.

IP es el índice de plasticidad según Límites de Atterberg: UNE 103103 y 103104.

CaCO3 es el contenido en carbonatos (%). UNE 103200.

M.O. es el contenido en materia orgánica (%). UNE 103204.

Lambe es potencial expansivo, según UNE 103600.

El material analizado, correspondiente a los materiales del sustrato terciario, cumple los requisitos para ser un suelo tolerable, aunque convendría analizar las sales solubles. No puede considerarse como seleccionado o adecuado principalmente por su alto contenido en finos. Se tiene muestra en un sondeo próximo, donde se han realizado ensayos de granulometría por sedimentación, y se ha establecido que el material es limo.

Adicionalmente se ha realizado un ensayo de compactación proctor normal con el siguiente resultado:

Densidad máxima: 1,87 g/cm³

Humedad óptima: 13,48 %

Se han realizado ensayos de dispersividad, obteniendo un resultado de *No dispersivos tipo1 ND1*.

4.4 Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes se ha analizado en base a la obra ya realizada, y a los ensayos de laboratorio. La estabilidad se divide en dos zonas, una la zona del terraplén actual y otra la de el desmonte actual.

Terraplén:

Se han realizado dos ensayos de penetración dinámica y un sondeo además de un ensayo triaxial. En esta zona se observa a su vez dos áreas con distintos parámetros de estabilidad. Una de ellas en el entorno del sondeo SF-2 y el ensayo de penetración dinámica PF-1 donde se observa un material compactado en superficie que disminuye en profundidad y otra en el entorno del ensayo de penetración dinámica PF-2 donde el material aparece con mayor grado de compactación, salvo en la zona de contacto con el sustrato terciario

El ensayo triaxial realizado en una muestra del sondeo SF-2 refleja valores efectivos de cohesión de 0,1 kp/cm², y de 34,4 ° de ángulo de rozamiento interno. Con el valor de golpeo de esta muestra se asemeja también a los valores del PF-1, que se considera que debe corresponder a la

zona menos compactada, puesto que los valores obtenidos en los datos de golpeo, del sondeo y del ensayo de penetración dinámica son menores que los obtenidos en el ensayo PF-2.

El terraplén actual presenta una inclinación en torno a 50-55°, con una altura máxima de unos 4-5 m.

Los parámetros de cálculo que se emplearán se han determinado a partir de los ensayos realizados en el laboratorio, de las observaciones de campo y de la bibliografía existente (correlaciones de los parámetros resistentes con el N_{SPT}, "Manual de Taludes ITGE, 1985 e "Ingeniería Geológica" 2002):

Material	Cota (m)	USCS	c' (t/m ²)	φ' (°)	γ _s (t/m ³)
UG-1 (terraplén)	0,00-4,50	ML	1	34	1,64

Tabla 13. Parámetros geotécnicos empleados para los cálculos de estabilidad de los taludes de la balsa.

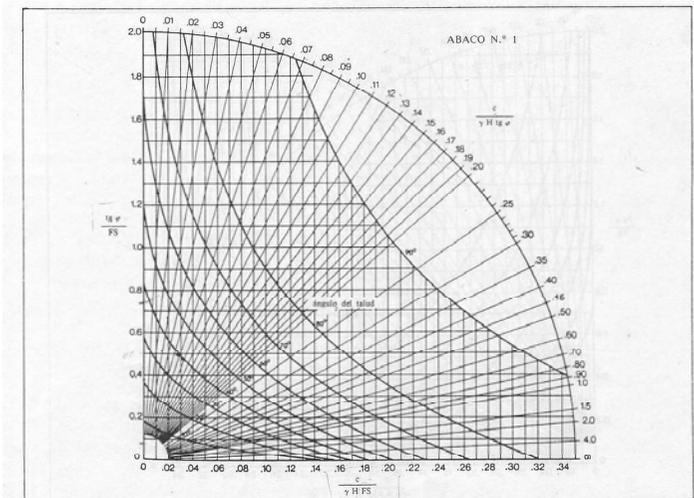


Fig. 7.81a.—Abacos para rotura circular. Caso 1 (HOEK y BRAY, 1977). Cort. de Inst. of Min. and Metal.

Figura 10. Ábaco nº 1 para el cálculo del factor de seguridad según el criterio de Hoek y Bray.

Usando los valores que aparecen en la tabla superior como característicos del material, se obtienen los siguientes ángulos y factores de seguridad:

Ángulo del talud (°)	Factor de seguridad
50-55	1,5-1,7

Tabla 14. Resumen de la relación ángulo del talud-Factor de seguridad para los terraplenes.

Este dato refleja que el talud se encuentra en el límite del factor de seguridad. Hay que tener en cuenta que los ensayos de permeabilidad han reflejado valores diferentes de unas zonas a otras, y se han detectado fugas en la balsa probablemente por la posible disolución de los limos o diferencias en la compactación del material que permite el paso del agua, y esto puede implicar niveles freáticos en el interior del terraplén que disminuirán la estabilidad del mismo.

Si utilizamos en ábaco nº 2, donde se recoge que parte del terraplén se puede encontrar saturado en agua, obtenemos el siguiente factor de seguridad.

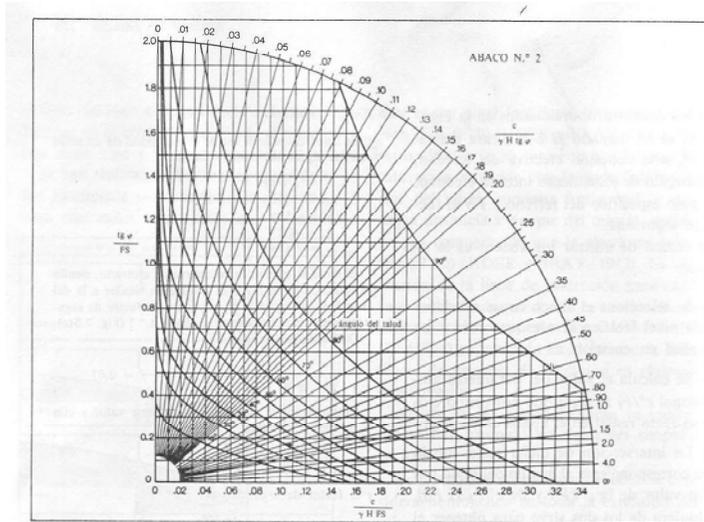


Fig. 7.81b.—Ábacos para rotura circular. Caso 2 (HOEK y BRAY, 1977). Cort. de Inst. of Min. and Metal.

Figura 11. Ábaco nº 2 para el cálculo del factor de seguridad según el criterio de Hoek y Bray.

Ángulo del talud (°)	Factor de seguridad
50-55	1,4-1,6

Tabla 15. Resumen de la relación ángulo del talud-Factor de seguridad para los terraplenes.

Los valores obtenidos reflejan que el talud se encuentra en un equilibrio límite, encontrando en algún caso valores del factor de seguridad por debajo de 1,5 que se considera el valor mínimo.

Desmante:

Se ha realizado un ensayo triaxial en los materiales terciarios con un resultado de valores efectivos de cohesión de 0,1 kp/cm² y de ángulo de rozamiento interno de 31,1°. Con estos valores y considerando un ángulo de inclinación actual entorno a 50°-55° y una altura de unos 4 m, se obtiene el siguiente factor de seguridad

Ángulo del talud (°)	Factor de seguridad
50-55	1,5-1,7

Tabla 16. Resumen de la relación ángulo del talud-Factor de seguridad para los desmontes.

Los taludes se consideran que se encuentran en el límite de la estabilidad. Hay que tener en cuenta que se ha observado pequeñas inestabilidades en los taludes naturales debido a la erosión diferencial que ha producido pequeñas caídas de los materiales más sueltos y blandos.

En cualquier caso, tanto para los taludes en desmante y los taludes en terraplén, la estabilidad de los mismos podrá garantizarse mediante un rebaje en el ángulo de inclinación y una impermeabilización de los materiales.

4.5 Condiciones de cimentación

No se contempla la construcción de elementos resistentes. En el caso de realizar un nuevo dique, éste podrá apoyarse en el sustrato terciario. Los ensayos de resistencia han reflejado un comportamiento mixto entre granular y cohesivo pero preferencialmente granular, teniendo en cuenta su baja cohesión y compresión simple y el elevado golpeo y ángulo de rozamiento interno, que ofrecen tensiones admisibles superiores a los 5 kg/cm² con asientos máximos de 2,54 cm.

5 Recomendaciones

5.1 Excavación y aprovechamiento de los materiales

La excavabilidad de la balsa se podrá llevar a cabo mediante maquinaria convencional hasta los 2,2 m. A partir de dicha profundidad se requerirá un martillo picador para poder retirar el material.

Es importante tener en cuenta la presencia del nivel freático en cotas inferiores a la altura de agua de la balsa actual, ya que el material podría encontrarse saturado en agua en algunas zonas, debido fundamentalmente a las pérdidas actuales de la balsa. Se recomienda, por este motivo, realizar mediciones del nivel de agua en los sondeos realizados, para comprobar posibles zonas húmedas o saturadas.

5.2 Taludes en desmonte

El talud actual de inclinación 50°-55° presenta un factor de seguridad de 1,5-1,7, que se considera estable aunque se ha observado caídas de bloques en zonas aisladas.

5.3 Taludes en terraplén

Los taludes en terraplén para la balsa del presente estudio presentan un factor de seguridad entre 1,4-1,7 para inclinaciones de 50°-55°, dependiendo de las zonas y presencia del nivel freático que se produce debido a las filtraciones existentes.

Los parámetros resistentes obtenidos en los ensayos reflejan variaciones importantes en la compactación del material del terraplén, tanto horizontal como verticalmente. Este hecho implica que algunas zonas del terraplén presenten una estabilidad limitada, presentando en algunos casos un factor de seguridad inferior a 1,5.

Dichas zonas de baja resistencia, localizadas principalmente en el sector suroeste del terraplén, coinciden geográficamente con zonas donde se ha comprobado la pérdida de agua procedente de la balsa. La filtración de agua provoca el lavado de finos en el interior del terraplén, lo que deriva en una disminución en la resistencia y compactación de los materiales.

Otro inconveniente a resaltar a este respecto es que dicha pérdida de agua ha provocado la saturación de algunas zonas del terraplén, tal y como ha quedado demostrado en los ensayos de humedad realizados. Este hecho implica que la estabilidad del terraplén vaya disminuyendo progresivamente con la entrada de agua, generando zonas de debilidad, e incluso pudiendo llegar a producir deslizamientos.

Actualmente, las medidas preventivas que se están realizando para evitar la pérdida de agua consisten en rebajar el nivel de agua en la balsa, evitando así posibles sobrepresiones de agua que puedan originar fugas.

La impermeabilización de la balsa sería una solución para evitar la pérdida de agua, pero si esta medida no se complementa con otras adicionales, podría ser causante de otras inestabilidades. Esto es debido a que, una vez impermeabilizada, si se asciende el nivel del agua hasta la capacidad máxima de la balsa, las sobrepresiones que se originen ya no derivarían en pérdidas de agua, sino que actuarían directamente sobre el terraplén, provocando una sobrecarga sobre unos materiales en los que ya se ha comprobado su baja resistencia.

Adicionalmente, se ha comprobado que la vegetación presente en el terraplén está produciendo una erosión en los taludes, tanto exteriores como interiores, pudiendo alcanzar las zonas internas del terraplén y provocar la inestabilidad del mismo.

Teniendo en cuenta todos los aspectos señalados previamente, se recomienda la realización de tratamientos de mejora para la balsa y el terraplén, como podría ser el rebajamiento del terraplén en unos 2 m, con el fin de realizar una compactación de la parte inferior del terraplén. Posteriormente, se coloca el mismo material que se había retirado en tongadas de 50 cm, con el objetivo de aumentar sus características resistentes. Otros tratamientos de mejora podrían ser la impermeabilización del terraplén para evitar entradas de agua que generen inestabilidades, así como una limpieza de la vegetación de los taludes.

Se podría realizar también, como tratamientos adicionales, una disminución en la inclinación del talud y/o la instalación de una escollera.

5.4 Cimentación

No se espera la realización de elementos resistentes. En el caso de realizar un nuevo dique para la balsa, éste podrá apoyarse en el sustrato terciario (UG 2).

5.5 Agresividad

De acuerdo con el artículo 8.2. de la Instrucción EHE, la agresividad expresada para suelos en función de los parámetros establecidos presenta valores superiores al mínimo considerado, por lo que **será necesario** el empleo de cemento sulforresistente.

5.6 Sismicidad

No se tiene constancia de actividad sísmica de importancia en la zona. Según la Norma de Construcción Sismorresistente NCS-02, la zona objeto de estudio presenta una aceleración sísmica básica inferior a 0,10g. La aplicación de esta Norma está condicionada a la importancia de la construcción, por lo que, a priori, se descarta su aplicación.

5.7 Impermeabilización

Se recomienda una impermeabilización de la balsa con el uso de lámina PEAD (polietileno de alta densidad). Se han detectado fugas en las zonas menos compactadas del terraplén que están produciendo una pérdida de agua y generando posibles inestabilidades de los taludes.

6 Resumen

Se ha realizado un estudio geológico-geotécnico y de prospección de materiales en los emplazamientos previstos para la ampliación de una balsa de regadío en el término municipal de Fraga.

Los trabajos que se han descrito, se centran en describir las condiciones geológico-geotécnicas que presentan los materiales respecto a la ampliación de dicha balsa.

Los trabajos de reconocimiento, tanto de campo como de gabinete y laboratorio han permitido la realización del presente estudio geotécnico que consta de 41 páginas y 8 anejos, en el que se describen los trabajos realizados y las conclusiones y recomendaciones geotécnicas para lo previsto en el proyecto.

Madrid, 3 de septiembre de 2.010

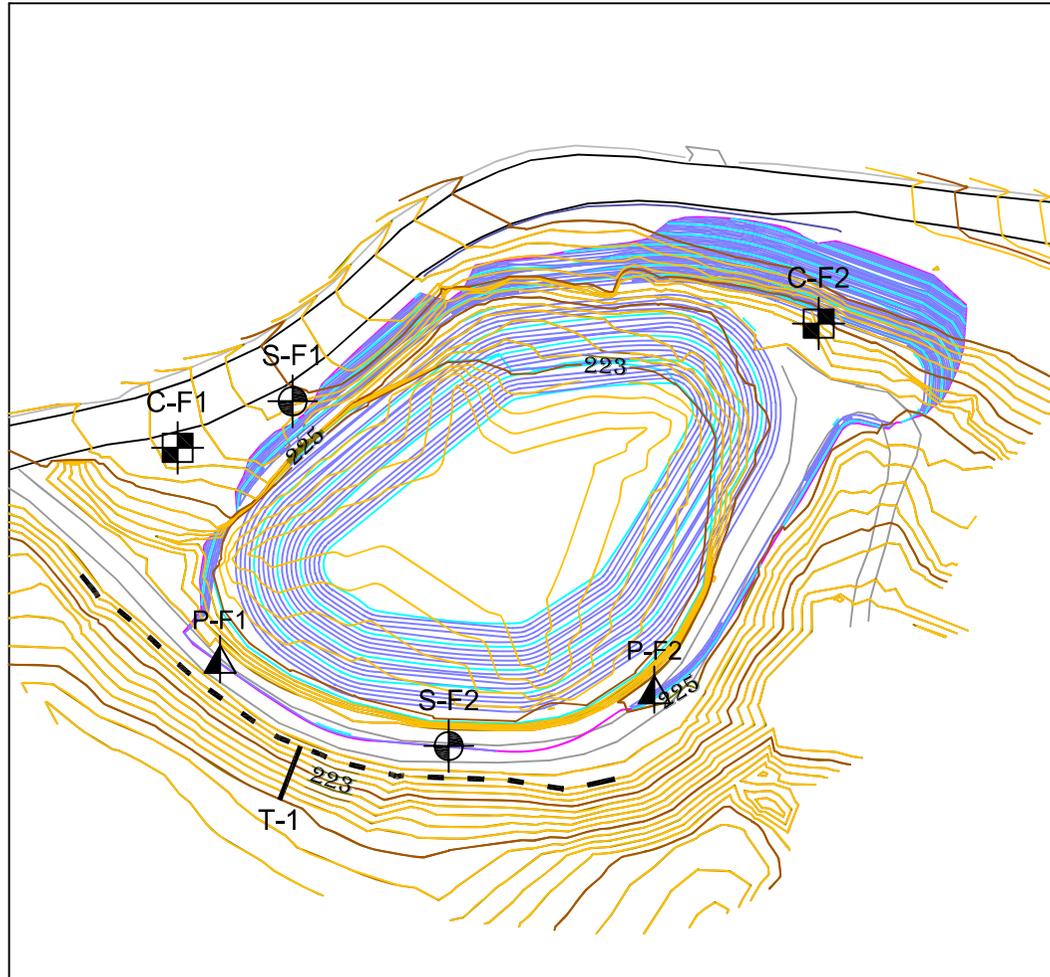


Guillermo Galán Martínez
Geólogo. Master en Hidrología General y Aplicada
Colegiado nº 4.635.

Anejos

Anejo 1

SITUACIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO



SIMBOLOGÍA

	CALICATA		SONDEO		PENETRÓMETRO		FICHA TALUD
--	----------	--	--------	--	--------------	--	-------------

AUTOR:



CLIENTE:



PROYECTO:

Estudio geológico-geotécnico y de prospección de materiales, para la construcción de una balsa en el término municipal de Fraga (Huesca)

PLANO:

ANEJO 1: SITUACIÓN DE TRABAJOS DE CAMPO
Plano 1. Balsa 24 (Fraga)

FECHA:

SEPTIEMBRE 2.010

ESCALA:

GRÁFICA
(METROS)

Anejo 2

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE LAS CALICATAS

EMPRESA: GHM CONSULTORES S.L.P.		PETICIONARIO: TRAGSATEC		OBRA: Balsa Fraga		SUPERVISOR: DANIEL MONTES		X = 281.650			
CALICATA: C-F1		FECHA: 05-08-10		MÁQUINA: NEW HOLLAND LB 115		POTENCIA:		Y = 4.603.190			
								Z = 226			
PROFUNDIDAD	LITOLOGÍA	OBSERVACIONES:		% QUE PASA		LÍMITES		QUÍMICOS		Proctor Mod.	
		En la cabecera del talud, junto a la carretera.		TAMIZ N° 5	TAMIZ N° 100	LL (%)	LP (%)	M. ORGÁNICA (%)	CARBONATOS (%)		SULFATOS (mg/kg)
		DESCRIPCIÓN									
0.00-0.40	TV. TIERRA VEGETAL. MEZCLA DE ARENAS Y GRAVAS.										
0.40-2.30	FORMACIÓN SUSTRATO TERCIARIO. CL. ARCILLA COLOR ANARANJADO CON INDICIOS DE GRAVA. CONSISTENCIA: DURA. En profundidad disminuye la proporción de gravas hasta desaparecer. La consistencia a 2,00 m aumenta a MUY DURAS; es una argilita muy compactada. Al extraerlo aparece como una grava (fragmentos de la fracturación de la roca blanda-suelo duro). Se toma muestra alterada 1 entre 2,00-2,20 m (2 sacos).	99.8	98.4	43.3	16.8	0.187	16.92	28.988		12.65	1.79
2.30	FIN DE LA CATA (RECHAZO). Excavabilidad: Marginal en zona de argilita (rechazo a 2,30 m). Estabilidad: Buena. No hay agua.										
3.00											
3.50											
4.00											
4.50											
5.00											
FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA											
											

EMPRESA: GHM CONSULTORES S.L.P.		PETICIONARIO: TRAGSATEC		OBRA: Balsa Fraga		SUPERVISOR: DANIEL MONTES		X = 281.728			
CALICATA: C-F2		FECHA: 05-08-10		MÁQUINA: NEW HOLLAND LB 115		POTENCIA:		Y = 4.603.205			
								Z = 226			
PROFUNDIDAD	LITOLOGÍA	OBSERVACIONES:		% QUE PASA		LÍMITES		QUÍMICOS		Proctor Mod.	
		Cata excavada en talud (horizontal) sobre cota de agua.		TAMIZ N° 5	TAMIZ N° 100	LL (%)	LP (%)	M. ORGÁNICA (%)	CARBONATOS (%)		SULFATOS (mg/kg)
		DESCRIPCIÓN									
0.00-0.40	TV. TIERRA VEGETAL. MEZCLA DE ARENAS Y GRAVAS.										
0.40-1.00	FORMACIÓN SUSTRATO TERCIARIO ALTERADO. CL. ARCILLAS MARRÓN CLARO ANARANJADO, CON ALGO DE GRAVA (Ø pequeño: 1-2 cm). CONSISTENCIA: MEDIA-DURA.										
1.00-2.20	FORMACIÓN SUSTRATO TERCIARIO. CL. ARCILLA DE COLOR ROJIZO DE ALTA CONSISTENCIA. Se toma muestra alterada 1 entre 1,40-1,60 m (2 sacos). No aparece agua. A partir de 1,00 m la arcilla aparece como una argilita (alta consistencia), hasta ofrecer un rechazo a 2,20 m.	99.9	94.5	39.5	14	0.245	16.51	20.772			
2.20	FIN DE LA CATA. Excavabilidad: Directa, marginal en la zona inferior (arcilla dura). Estabilidad: Buena.										
2.50											
3.00											
3.50											
4.00											
4.50											
5.00											
FOTOGRAFÍAS DE LA CALICATA											
											

Anejo 3

REGISTRO DE LOS SONDEOS Y ENSAYOS DE
PERMEABILIDAD LEFRANC

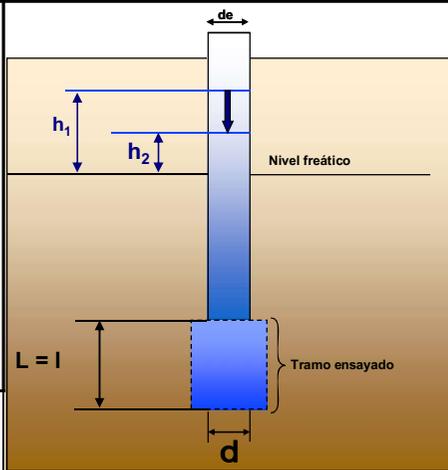
ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

CLIENTE	PROYECTO: 053-10	FECHA: 6-ago-10
	OBRA: Balsa Fraga	
	REALIZADO POR: GHM CONSULTORES	
SONDEO: S-F2	TRAMO ENSAYADO	COTA INICIO (m): 2
ENSAYO: 1		COTA FINAL (m): 3

CROQUIS DEL DISPOSITIVO

$$K = \frac{d_e^2 \ln(2L/d)}{8L \cdot t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K= Conductividad hidráulica
 h1, h2= altura del agua al principio y al final de un tiempo t
 t = Tiempo transcurrido entre la observación h1 y h2
 L=Longitud de la zona filtrante
 d= diametro de la zona filtrante
 de= diametro de la entubación (puede ser igual a d)

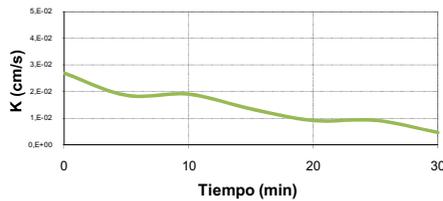


Jimenez Salas (1976) , José A. Geotecnia y cimientos II . Editorial Rueda

TIPO DE TERRENO: LIMO

PROFUNDIDAD DEL SONDEO (m):	3,00
PROFUNDIDAD REVESTIMIENTO (m):	2,00
DIÁMETRO SONDEO EN ZONA DE ENSAYO (m):	0,09
PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m):	20,00

EVOLUCIÓN DE K CON EL TIEMPO



INTERVALO (min)	h1	h2
0-5	20,00	19,36
5-10	19,36	18,93
10-15	18,93	18,50
15-20	18,50	18,20
20-25	18,20	18,00
25-30	18,00	17,80
30-35	17,80	17,70

K (m/s)	K (m/día)
3,108E-07	2,685E-02
2,147E-07	0,0185458
2,196E-07	0,0189719
1,562E-07	0,0134992
1,056E-07	0,0091237
1,068E-07	0,0092256
5,384E-08	0,0046518

VALOR MEDIO 1,441E-02 m/día

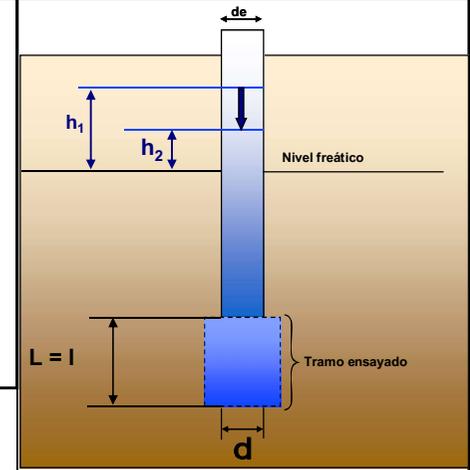
ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

CLIENTE	PROYECTO: 053-10	FECHA: 6-ago-10
	OBRA: Balsa Fraga	
	REALIZADO POR: GHM CONSULTORES	
SONDEO: S-F2	TRAMO ENSAYADO	COTA INICIO (m): 5
ENSAYO: 2		COTA FINAL (m): 7

CROQUIS DEL DISPOSITIVO

$$K = \frac{d_e^2 \ln(2L/d)}{8L \cdot t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

K= Conductividad hidráulica
 h1, h2= altura del agua al principio y al final de un tiempo t
 t = Tiempo transcurrido entre la observación h1 y h2
 L=Longitud de la zona filtrante
 d= diametro de la zona filtrante
 de= diametro de la entubación (puede ser igual a d)

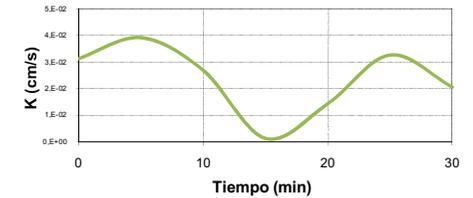


Jimenez Salas (1976) , José A. Geotecnia y cimientos II . Editorial Rueda

TIPO DE TERRENO: LIMO

PROFUNDIDAD DEL SONDEO (m):	7,00
PROFUNDIDAD REVESTIMIENTO (m):	5,00
DIÁMETRO SONDEO EN ZONA DE ENSAYO (m):	0,09
PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m):	20,00

EVOLUCIÓN DE K CON EL TIEMPO



INTERVALO (min)	h1	h2
0-5	20,00	18,80
5-10	18,80	17,40
10-15	17,40	16,50
15-20	16,50	16,46
20-25	16,46	16,00
25-30	16,00	15,00
30-35	15,00	14,40

K (m/s)	K (m/día)
3,617E-07	3,125E-02
4,524E-07	0,0390895
3,105E-07	0,0268268
1,419E-08	0,001226
1,657E-07	0,0143173
3,773E-07	0,0325997
2,387E-07	0,02062

VALOR MEDIO 2,370E-02 m/día

Legenda de los anejos de calicatas y sondeos

Muestras

SPT (Standard penetration test):

En los extremos superior e inferior se anotan las cotas de inicio y fin de la muestra, expresadas en m.



MI (Muestra inalterada):

En los extremos superior e inferior se anotan las cotas de inicio y fin de la muestra, expresadas en m.



TP (Testigo parafinado):

En los extremos superior e inferior se anotan las cotas de inicio y fin de la muestra, expresadas en m.



Tramas utilizadas para la clasificación de suelos USCS de Casagrande

Suelos de grano grueso*

GW: Gravas bien graduadas con más del 50% en gruesos y pocos finos.



GP: Gravas mal graduadas con menos del 50% en gruesos y pocos finos.



GM: Gravas limosas.



GC: Gravas arcillosas.



SW: Arenas bien graduadas con pocos finos.



SP: Arenas mal graduadas con pocos finos.



SM: Arenas limosas.



SC: Arenas arcillosas.



Suelos de grano fino**

ML: Limos inorgánicos y arenas finas poco plásticas.



CL: Arcillas inorgánicas poco plásticas.



ML-CL: Material clasificado entre ML-CL



OL: Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas poco plásticas.



MH: Limos inorgánicos con límite líquido mayor de 50.



CH: Arcillas inorgánicas muy plásticas y arcillas grasas.



OH: Arcillas y limos orgánicos muy plásticos.



Otros

TV: Tierra vegetal.



RV: Relleno vertido.



PT: Turba, humus, suelos de pantanos con mucha materia orgánica.



Símbolos de uso común

Nivel freático (N.F.)



Muestra en bolsa / saco



* Mas del 50% del material queda retenido por el tamiz n° 200
**Mas del 50% del material pasa por el tamiz n°200

Tramas de uso común en rocas

Caliza



Lutita



Arenisca



Dolomía



Marga



Materiales evaporíticos sin diferenciar



Yeso



Pizarra



Esquisto - Ofita



Granito



Batería

Tipo de Batería

B

Batería simple

T

Batería doble

Tipo de Corona montada en la batería

W

Widia

D

Diamante

Diametro



Caliche - Costra



Conglomerado

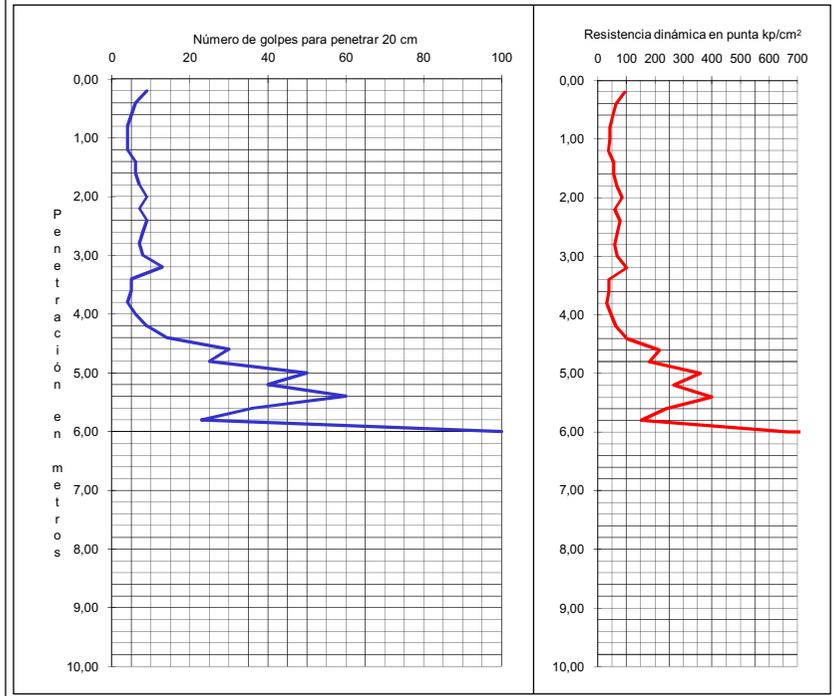


Anejo 4

REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

CLIENTE:	TRAGSATEC		EQUIPO:	DPSH	
LOCALIZACIÓN:	Fraga (Huesca)		Peso de la maza (kg):	63,5	
OBRA:	BALSA FRAGA		Altura de caída (cm):	76	
ENSAYO Nº:	PF-1		Peso del varillaje (kg/m):	8,84	
FECHA:	11-ago-10	X UTM:	281.655	Peso de la cabeza (kg):	1,5
COTA:	225	Y UTM:	4.603.163	Superficie puntaza (cm ²):	19,5

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA

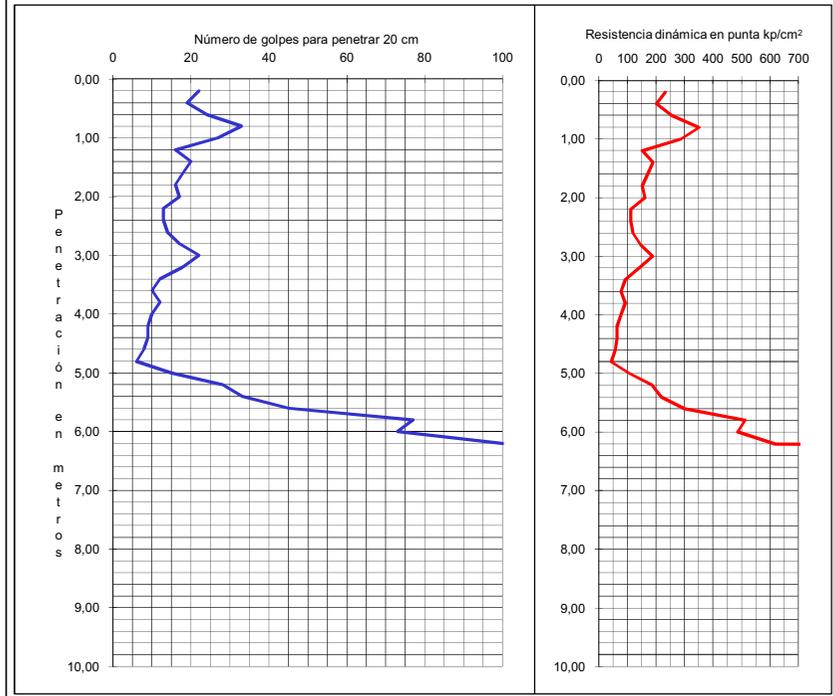


DATOS DEL ENSAYO

Profundidad (m)	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
Número de Golpes	9	6	5	4	4	4	6	6	7	9	7
Profundidad (m)	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40
Número de Golpes	9	8	7	8	13	5	5	4	6	9	14
Profundidad (m)	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80	6,00	6,20	6,40	6,60
Número de Golpes	30	25	50	40	60	36	23	100

CLIENTE:	TRAGSATEC		EQUIPO:	DPSH	
LOCALIZACIÓN:	Fraga (Huesca)		Peso de la maza (kg):	63,5	
OBRA:	BALSA FRAGA		Altura de caída (cm):	76	
ENSAYO Nº:	PF-2		Peso del varillaje (kg/m):	8,84	
FECHA:	11-ago-10	X UTM:	281.708	Peso de la cabeza (kg):	1,5
COTA:	225	Y UTM:	4.603.159	Superficie puntaza (cm ²):	19,5

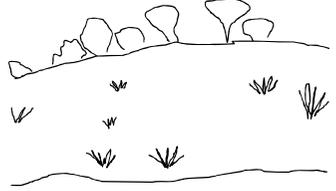
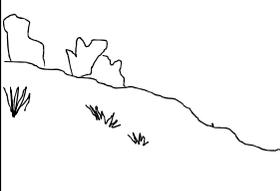
ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA



DATOS DEL ENSAYO

Profundidad (m)	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
Número de Golpes	22	19	24	33	27	16	20	18	16	17	13
Profundidad (m)	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40
Número de Golpes	13	14	17	22	18	12	10	12	10	9	9
Profundidad (m)	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80	6,00	6,20	6,40	6,60
Número de Golpes	8	6	15	28	33	45	77	73	100

Anejo 5
INVENTARIO DE TALUDES

INVENTARIO DE TALUDES				TALUD T-1				
LOCALIZACIÓN: Coordenadas U.T.M.		TIPO DE TALUD:		SITUACIÓN TALUD:		FECHA:		
X - 281.639	Y - 4.603.183	Natural	Artificial X	Zona sur y este de la balsa		11-ago-10		
Inicio ↑	Fin ↓	Terraplén	Desmorte X					
X - 281.727	Y - 4.603.194							
CROQUIS ESQUEMÁTICO								
								
Vista frontal				Perfil				
DESCRIPCIÓN				CUNETAS Y BERMAS				
				Tipo	Situac.	Anchura	Profund.	Observaciones
Longitud:	120 m	Dirección talud:	E-O (en arco)					
Altura máx.:	6 m	Buzamiento talud:	30°					
Nº bermas:	0	Dirección máx. pte.:	N					
Fotos:	si	Est. Geomecánica:	no					
Vegetación: Herbácea y arbustiva en ambos flancos. Perjudicial para la impermeabilización.								
Agua: Presenta filtraciones en su flanco SO cuando el nivel de la balsa está alto. Aparecen en la cuneta.								
Edificaciones próximas: La balsa propiamente dicha, una edificación al pie (parte SE) y la carretera.								
Estado general: Bueno (lleva 30 años funcionando).								
Comentarios: Presenta escasas inestabilidades, en forma de caída de bloques.								
MATERIALES				FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES				
Litología y estructura		Meteorización	Resistencia	Ripabilidad	Tipo	Sent. Buz.	Buzam.	Observaciones
INESTABILIDADES				TRATAMIENTOS				
Clase	Tipo	Grado	Comentarios	E/P	Eficacia	Antigüedad	Descripción	
2	A	1						
3	A	1						
4	A	1						
Clase: 1- Superficie irregular; 2- Erosión; 3- Chineo; 4- Caída de bloques; 5- Deslizamiento; 6- Reptación; 7- Flujo de lodo.				E/P: E- Existente; P- Propuesto.				
Tipo: A- Actual; P- Previsible; C- Corregido.				Eficacia: Nula; Baja; Media; Alta; Óptima.				
Grado: 1- Ligero; 2- Medio; 3- Importante; 4- Muy importante.								

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Fotografía número 1. Vista de perfil del terraplén.



Fotografía número 2. Vista frontal del terraplén.

Area: GTL. Área de ensayos de laboratorio de geotecnia, ensayos básicos y complementarios 1º, 2º y 3º.
Nº Registro: 03083GTL05.
Area: EHC.b. Área de control del hormigón y componentes: Ensayos básicos y complementarios segundos.
Nº Registro: 03150EHC05.

TRABAJO Nº: 10607

PETICIONARIO: Empresa: GHM CONSULTORES, S.L.P.
Domicilio: Paseo de la Castellana 210 8º 2
28046 Madrid
At: D. Daniel montes Medina

DENOMINACIÓN: Obra: Balsa FRAGA
Situación: No lo aporta el cliente.

TIPO DE MUESTRA: SUELO

RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: Fecha : 10/08/2010
Entregada por el peticionario en el laboratorio de CEPASA

ENSAYOS SOLICITADOS :

Humedad (UNE 103300)
Densidad (UNE 103301)
Granulometría (UNE 103101)
Liites de Atterberg (UNE 103103 y 103104)
Compresión (UNE 103400)
Ensayo edométrico (UNE 103405)
Permeabilidad
Triaxial (UNE 103402)
Ensayo Lambe (UNE 103600)
Proctor Normal (UNE 103500)
Pin Hole (NLT/207)
Materia organica (UNE 103204)
Carbonato (UNE 103200)
Sulfatos (UNE 103201)

Resultados de los ensayos

MUESTRA	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)
S-1 TP 1.90-2.10	16,54		
S-2 TP 5.80-6.20	12,70	1,960	2,208



GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO
(UNE 103.101)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: C-F1 MA-1 2,00-2,20 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

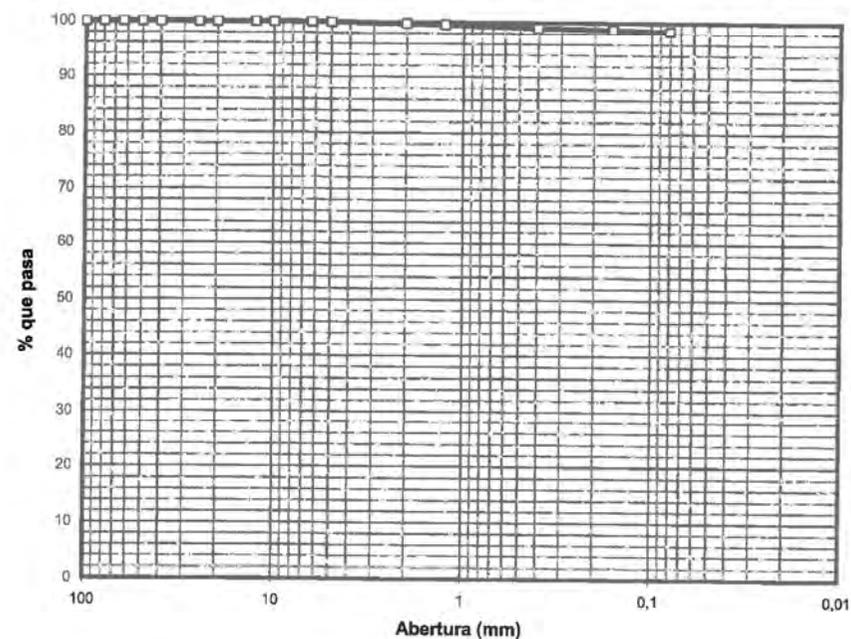
COIAR-EnsayGRT (2006926)

Humedad Higroscópica

T+S+A (g):	0
T+S (g):	0,00
T (g):	0,00
A (g):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Ret. Pz. Agm (g)	Ret. Tot. Agm (g)	Pasa total (g)	Pasa (mm) (%)	Observaciones
100			73,48	100,00	
80			73,48	100,00	
63			73,48	100,00	
50			73,48	100,00	
40			73,48	100,00	
25			73,48	100,00	
20			73,48	100,00	
12,5		0,00	73,48	100,00	
10		0,00	73,48	100,00	
6,3		0,00	73,48	100,00	
5		0,00	73,48	100,00	
2	0,18	0,18	73,30	99,78	
1,25	0,15	0,33	73,15	99,55	
0,4	0,54	0,72	72,76	99,02	
0,16	0,77	0,95	72,53	98,71	
0,08	0,99	1,17	72,31	98,41	

Representación gráfica



Observaciones:

Granulometría por tamizado. UNE 103101



GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (UNE 103.101)

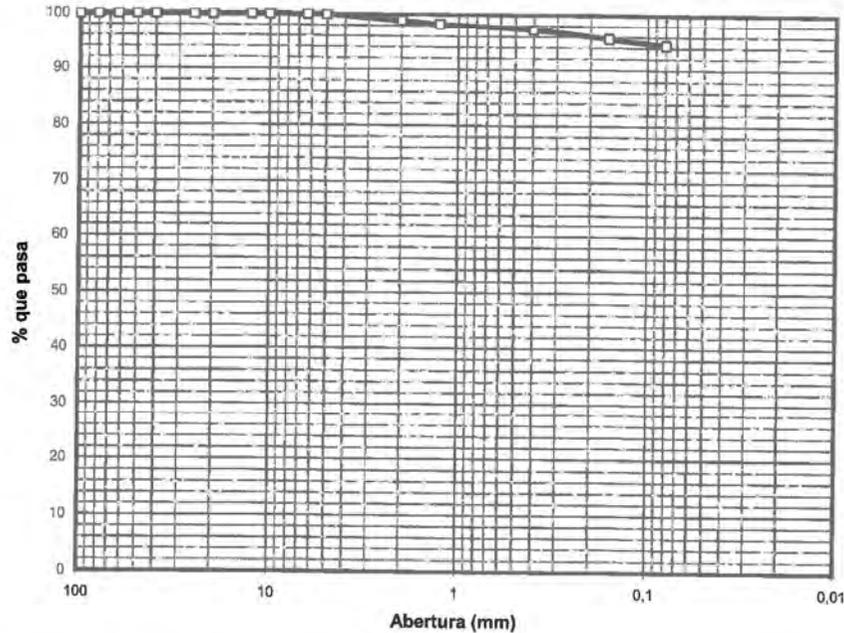
CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: C-F2 MA-1 1,40-1,60 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

CDIAM-EnyGRT (20040925)

Humedad higroscópica	
T+S+A (g):	0
T+S (g):	0,00
T (g):	0,00
A (a):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Ret. Pa. Acum. (g)	Ret. Tot. Acum. (g)	Pasa total (g)	Pasa total (%)	Observaciones
100			106,59	100,00	
80			106,59	100,00	
63			106,59	100,00	
50			106,59	100,00	
40			106,59	100,00	
25			106,59	100,00	
20			106,59	100,00	
12,5	0,00		106,59	100,00	
10	0,00		106,59	100,00	
6,3	0,00		106,59	100,00	
5	0,00		106,59	100,00	
2	1,22	1,22	105,37	98,86	
1,25	0,67	1,89	104,70	98,23	
0,4	1,75	2,97	103,62	97,21	
0,16	3,44	4,66	101,93	95,63	
0,08	4,69	5,91	100,68	94,46	

Representación gráfica



Observaciones:



4/58



GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (UNE 103.101)

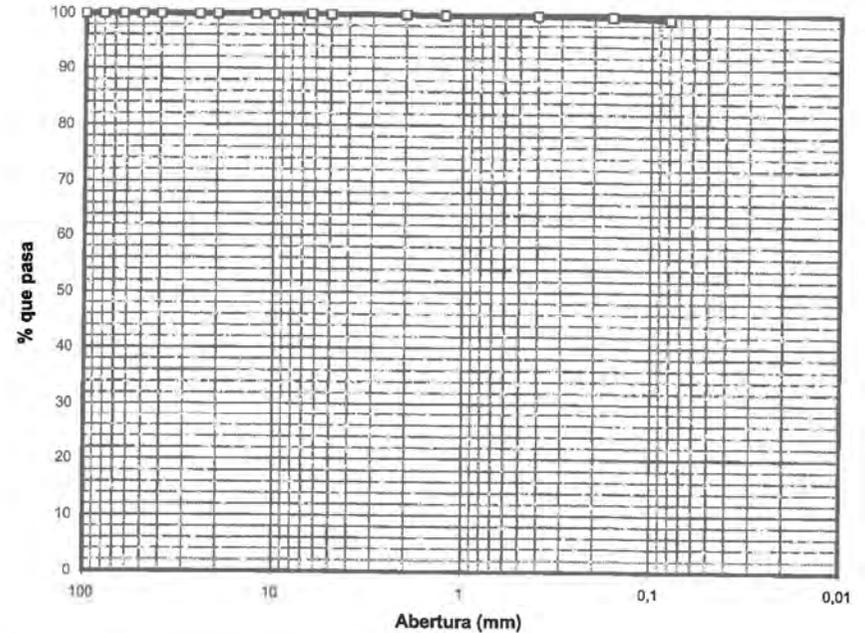
CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 SPT 1,30-1,90 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

CDIAM-EnyGRT (20040925)

Humedad higroscópica	
T+S+A (g):	0
T+S (g):	0,00
T (g):	0,00
A (a):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Ret. Pa. Acum. (g)	Ret. Tot. Acum. (g)	Pasa total (g)	Pasa total (%)	Observaciones
100			90,19	100,00	
80			90,19	100,00	
63			90,19	100,00	
50			90,19	100,00	
40			90,19	100,00	
25			90,19	100,00	
20			90,19	100,00	
12,5	0,00		90,19	100,00	
10	0,00		90,19	100,00	
6,3	0,00		90,19	100,00	
5	0,00		90,19	100,00	
2	0,03	0,03	90,16	99,07	
1,25	0,12	0,15	90,04	99,83	
0,4	0,18	0,21	89,98	99,77	
0,16	0,35	0,38	89,81	99,58	
0,08	0,73	0,76	89,43	99,16	

Representación gráfica



Observaciones:



7/58



GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO
(UNE 103.101)

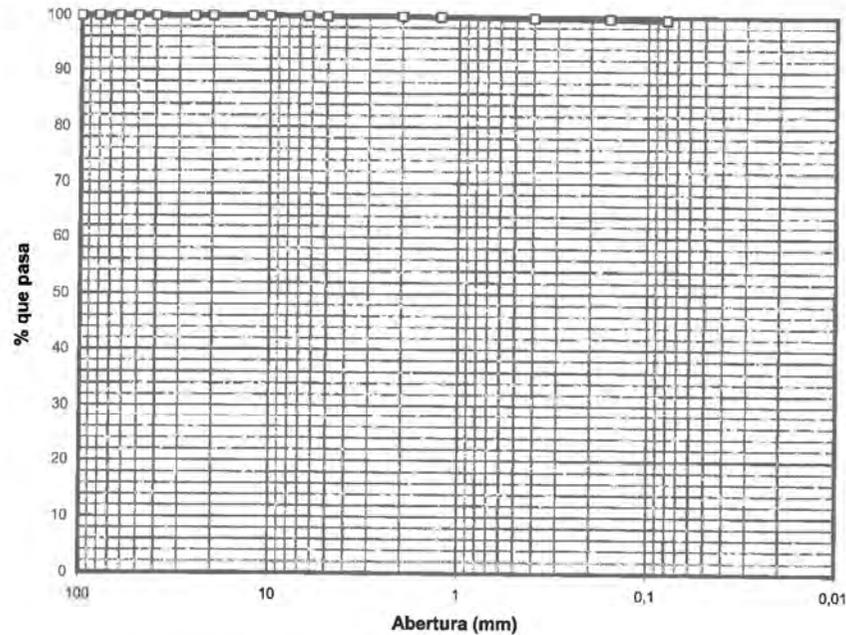
CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 1,90-2,10 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

COIAM-EnsayGRT (20060525)

Humedad higroscópica	
T+S+A (g):	0
T+S (g):	0,00
T (g):	0,00
A (g):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Ret. P.A. Acum. (g)	Ret. Tot. Acum. (g)	Pasa total (g)	Pasa total (%)	Observaciones
100			75,16	100,00	
80			75,16	100,00	
63			75,16	100,00	
50			75,16	100,00	
40			75,16	100,00	
25			75,16	100,00	
20			75,16	100,00	
12,5	0,00	0,00	75,16	100,00	
10	0,00	0,00	75,16	100,00	
6,3	0,00	0,00	75,16	100,00	
5	0,00	0,00	75,16	100,00	
2	0,00	0,00	75,16	100,00	
1,25	0,05	0,05	75,11	99,93	
0,4	0,17	0,17	74,99	99,77	
0,16	0,26	0,26	74,90	99,65	
0,08	0,39	0,39	74,77	99,48	

Representación gráfica



Observaciones:



8/52



GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO
(UNE 103.101)

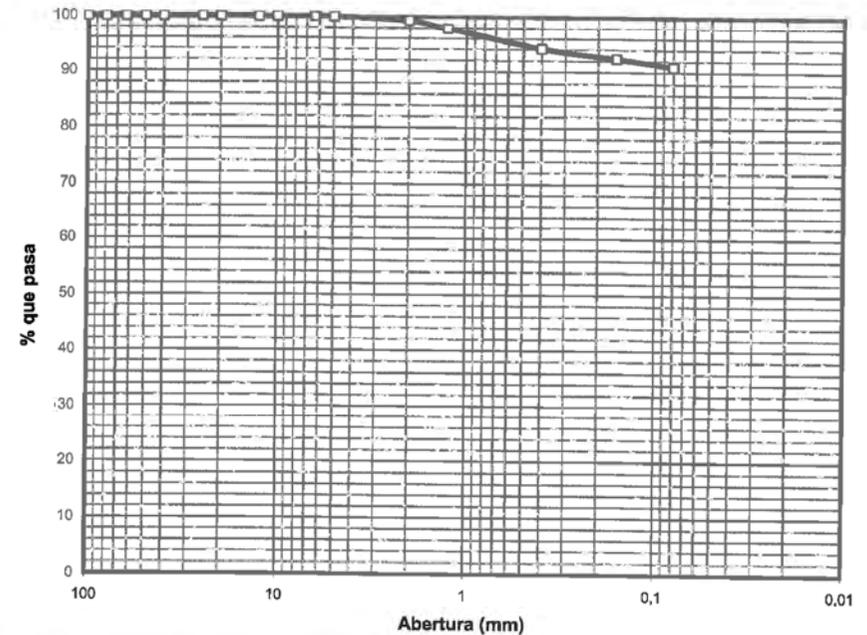
CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 3,50-3,80 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

COIAM-EnsayGRT (20060525)

Humedad higroscópica	
T+S+A (g):	0
T+S (g):	0,00
T (g):	0,00
A (g):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Ret. P.A. Acum. (g)	Ret. Tot. Acum. (g)	Ret. P.A. Pasada (g)	Pasa total (%)	Observaciones
100			81,59	100,00	
80			81,59	100,00	
63			81,59	100,00	
50			81,59	100,00	
40			81,59	100,00	
25			81,59	100,00	
20			81,59	100,00	
12,5	0,00	0,00	81,59	100,00	
10	0,00	0,00	81,59	100,00	
6,3	0,00	0,00	81,59	100,00	
5	0,00	0,00	81,59	100,00	
2	0,56	0,56	81,03	99,31	
1,25	1,24	1,80	79,79	97,79	
0,4	4,20	4,76	76,83	94,17	
0,16	5,66	6,22	75,37	92,38	
0,08	6,82	7,38	74,21	90,95	

Representación gráfica



Observaciones:



9/52



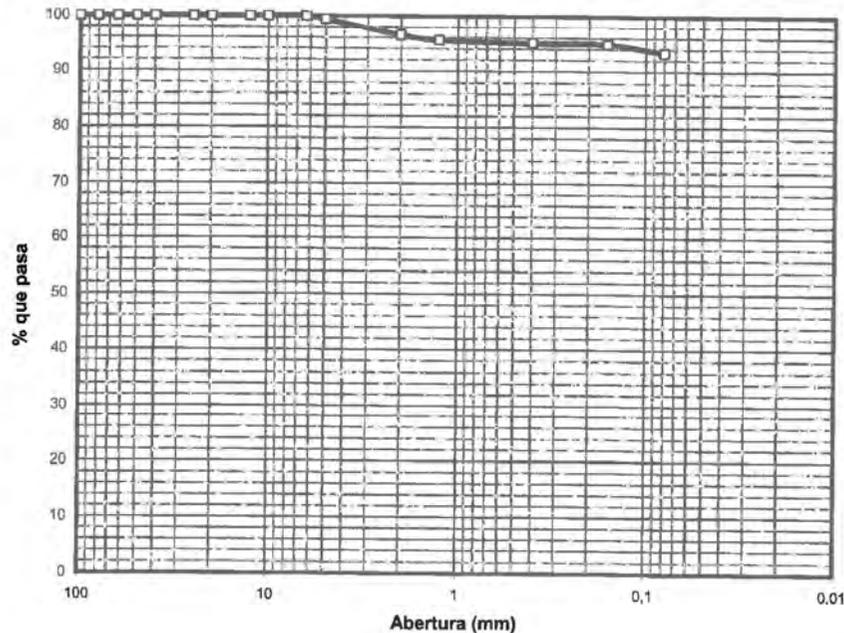
GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO
(UNE 103.101)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 5,80-6,20 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

Humedad higroscópica	
T+S+A (g):	0
T (g):	0,00
A (g):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Rat. Pasa Acum. (g)	Rat. Pasa Tot. Acum. (g)	Rat. Pasa Tot. (%)	Rat. Pasa (%)	Residuo (g)
100			81,55	100,00	
80			81,55	100,00	
63			81,55	100,00	
50			81,55	100,00	
40			81,55	100,00	
25			81,55	100,00	
20			81,55	100,00	
12,5		0,00	81,55	100,00	
10		0,00	81,55	100,00	
6,3		0,00	81,55	100,00	
5	0,49	0,49	81,06	99,40	
2	3,91	2,91	78,64	96,43	
1,25	0,70	3,61	77,94	95,57	
0,4	1,16	4,07	77,48	95,01	
0,16	1,28	4,19	77,36	94,86	
0,08	2,53	5,44	76,11	93,33	

Representación gráfica



Observaciones:



11/58



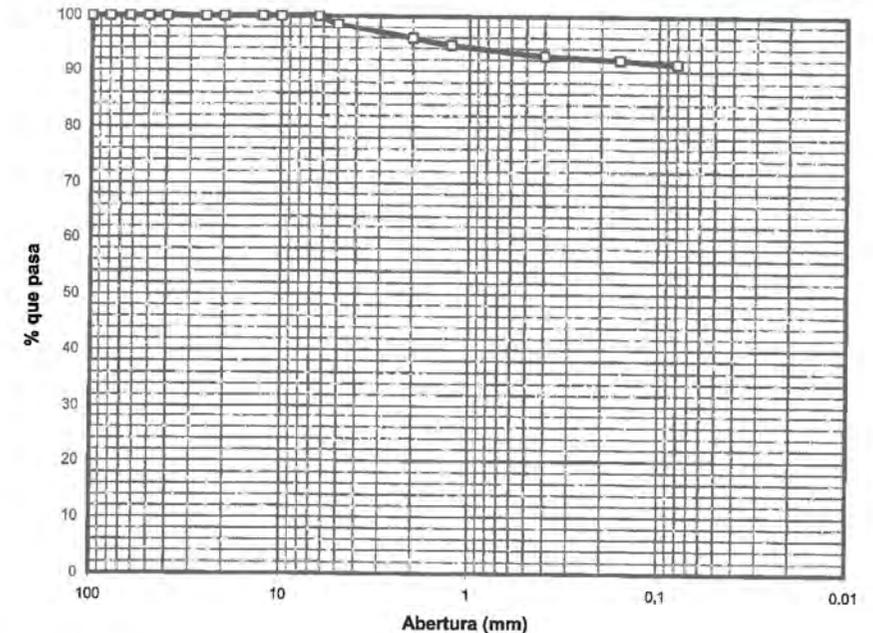
GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO
(UNE 103.101)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 7,60-8,00 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

Humedad higroscópica	
T+S+A (g):	0
T (g):	0,00
A (g):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Rat. Pasa Acum. (g)	Rat. Pasa Tot. Acum. (g)	Rat. Pasa Tot. (%)	Rat. Pasa (%)	Residuo (g)
100			77,75	100,00	
80			77,75	100,00	
63			77,75	100,00	
50			77,75	100,00	
40			77,75	100,00	
25			77,75	100,00	
20			77,75	100,00	
12,5		0,00	77,75	100,00	
10		0,00	77,75	100,00	
6,3		0,00	77,75	100,00	
5	1,20	1,20	76,55	98,46	
2	3,21	3,21	74,54	95,87	
1,25	0,99	4,20	73,55	94,60	
0,4	2,44	5,65	72,10	92,73	
0,16	3,03	6,24	71,51	91,97	
0,08	3,59	6,80	70,95	91,25	

Representación gráfica



Observaciones:



11/58



GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO
(UNE 103.101)

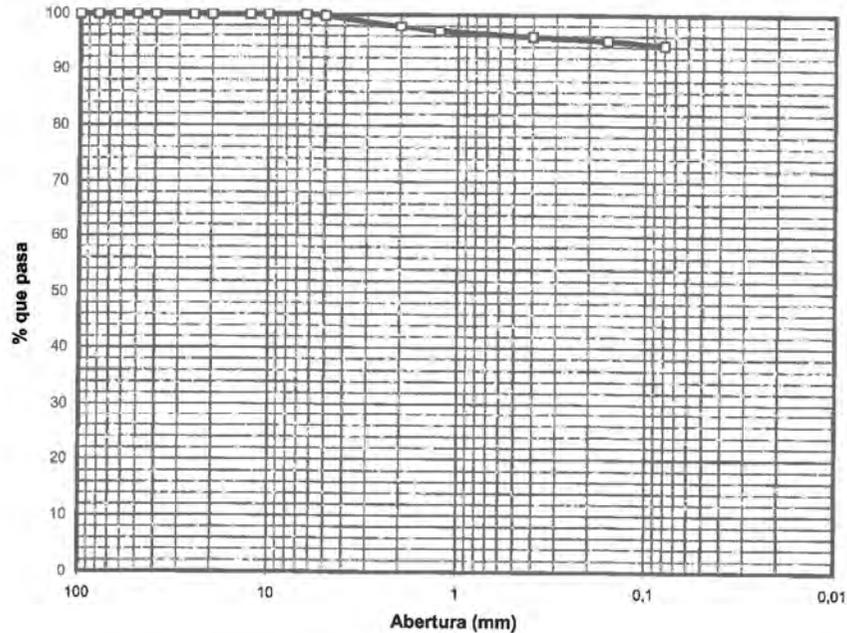
CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-2 SPT 0,60-1,20 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

Humedad higroscópica:

T+S+A (g): 0
 T+S (g): 0,00
 T (g): 0,00
 A (g): 0,00
 S (g): 0,00
 Humedad (%): 0,00

Tamiz (mm)	Ret. Par. Acum. (g)	Ret. Tot. Acum. (g)	Ret. Total (%)	Ret. Total (%)
100			81,74	100,00
80			81,74	100,00
63			81,74	100,00
50			81,74	100,00
40			81,74	100,00
25			81,74	100,00
20			81,74	100,00
12,5		0,00	81,74	100,00
10		0,00	81,74	100,00
6,3		0,00	81,74	100,00
5	0,15	0,15	81,59	99,82
2	1,79	1,79	79,96	97,81
1,25	0,74	2,53	79,21	96,90
0,4	1,60	3,39	78,35	95,85
0,16	2,20	3,99	77,75	95,12
0,08	2,84	4,63	77,11	94,34

Representación gráfica



Observaciones:



12/58



GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO
(UNE 103.101)

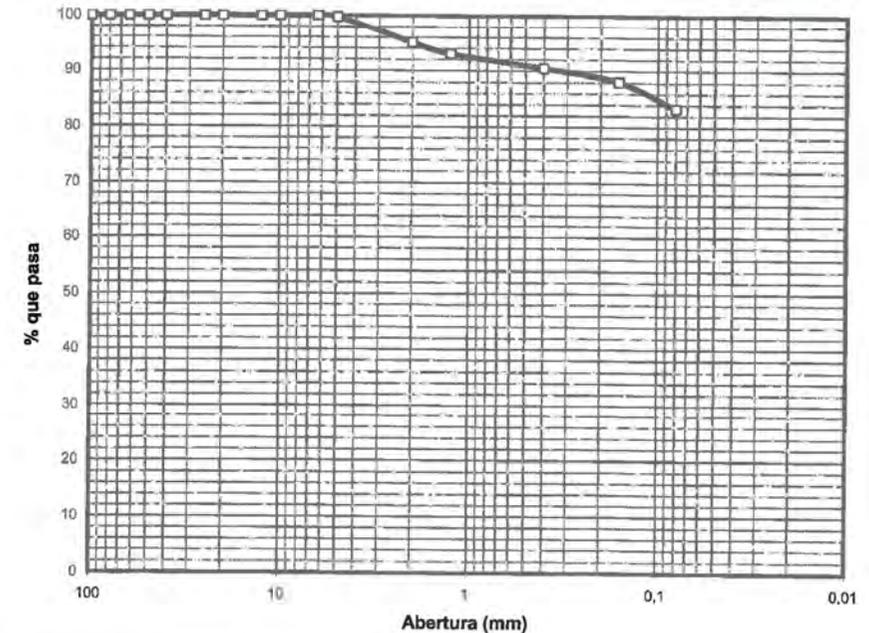
CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-2 MI 1,60-2,20 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

Humedad higroscópica:

T+S+A (g): 0
 T+S (g): 0,00
 T (g): 0,00
 A (g): 0,00
 S (g): 0,00
 Humedad (%): 0,00

Tamiz (mm)	Ret. Par. Acum. (g)	Ret. Tot. Acum. (g)	Ret. Total (%)	Ret. Total (%)
100			115,88	100,00
80			115,88	100,00
63			115,88	100,00
50			115,88	100,00
40			115,88	100,00
25			115,88	100,00
20			115,88	100,00
12,5		0,00	115,88	100,00
10		0,00	115,88	100,00
6,3		0,00	115,88	100,00
5	0,27	0,27	116,61	99,77
2	5,73	5,73	110,16	95,06
1,25	2,36	8,09	107,79	93,02
0,4	5,36	11,09	104,79	90,43
0,16	8,12	13,85	102,03	88,05
0,08	13,64	19,37	96,51	83,28

Representación gráfica



Observaciones:



13/58



GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO
(UNE 103.101)

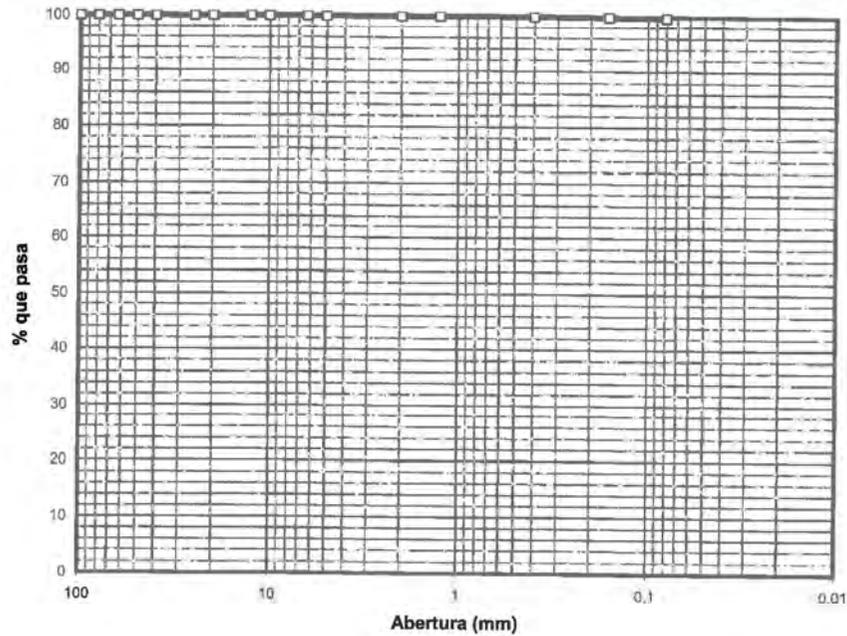
CLIENTE: GHM CONSULTORES
TRABAJO: Balsa Fraga
INDICATIVO: 10607 **LABORANTE:** N. Calderón
MUESTRA: S-2 TP 5,70-6,00 **FECHA:** 23/08/10 Hoja 1 de 1

COHAM-EnvGRT (20040525)

Humedad higroscópica	
T+S (g):	0,00
T (g):	0,00
A (g):	0,00
S (g):	0,00
Humedad (%):	0,00

Tamiz (mm)	Rel. Por. Acum. (%)	Rel. Tot. Acum. (%)	Peso Int. (g)	Rel. Por. (%)	Observaciones
100			74,77	100,00	
80			74,77	100,00	
63			74,77	100,00	
50			74,77	100,00	
40			74,77	100,00	
25			74,77	100,00	
20			74,77	100,00	
12,5		0,00	74,77	100,00	
10		0,00	74,77	100,00	
6,3		0,00	74,77	100,00	
5		0,00	74,77	100,00	
2		0,00	74,77	100,00	
1,25		0,00	74,77	100,00	
0,4	0,03	0,03	74,74	99,96	
0,16	0,08	0,08	74,69	99,89	
0,08	0,19	0,19	74,58	99,75	

Representación gráfica



Observaciones:



14/58

Granulometría por sedimentación.
UNE 103102



15/58



Análisis granulométrico de suelos finos por UNE 103.102 sedimentación Hoja de Datos

Calle Nicolás Copérnico 12
Polígono CODEIN 28940
Fuenlabrada, MADRID
Tf: 606.88.54 Fax: 609.88.55

Trabajo: **BALSA FRAGA**
Localización:
Referencia: 10607 Muestra: S-1 TP

Cliete: **GHM CONSULTORES**
Fecha: 25-ago-10
Operador: **N. Calderón**
Cotas: 1,90-2,10

Muestra con tratamientos previos

Masa suelo húmedo, m_h (g): **51,050**
 Humedad higroscópi., W (%): **0,000**
 Masa de suelo seco, m_d (g): **51,050**
 Densidad relativa partículas, ρ_s (g/ml): **2,698**
 % paso por tamiz 100 (D= 0,149 mm): **99,800**
 Pérdida por tratamiento, (g): **0,000**
 Peptizante: **Hexametáfosfato sódico al 0,5%**

Formulación utilizada

$$R = R_h + Cm + Ct - Cd$$

$$D = 0,005531 \sqrt{\frac{\eta H_r}{(\rho_s - 1)t}}$$

$$K = \frac{100 \rho_s}{m_d (\rho_s - 1)} R$$

$$m_d = m_a \frac{100}{100 + W}$$

$$R_h = (R'_h - 1) \cdot 1000$$

Datos del ensayo

Fecha (d/m/a)	Hora (h.m)	Tiempo t (min)	Temp. T (°C)	Correcc. Cm+Ct-Cd	Viscos. η (mPa.s)	Lect. R'_h	L. Cor. R_h	Prof. H_r (mm)	Diam. D (mm)	% Paso K (%) (Muestra)	% Paso K' (%) (Total)
23/8/10	9:25	0,25	20	-2,89988	1,0056	1,0338	33,8	84,76	0,0784	96,18	95,98
23/8/10	9:26	0,6	20	-2,89988	1,0056	1,0332	33,2	86,75	0,0561	94,31	94,12
23/8/10	9:25	0,75	20	-2,89988	1,0056	1,0328	32,8	88,08	0,0461	93,06	92,88
23/8/10	9:26	1	20	-2,89988	1,0056	1,0326	32,6	88,74	0,0401	92,44	92,26
23/8/10	9:27	2	20	-2,89988	1,0056	1,0324	32,4	89,41	0,0285	91,82	91,64
23/8/10	9:29	4	20	-2,89988	1,0056	1,0320	32,0	90,74	0,0203	90,57	90,39
23/8/10	9:33	8	20	-2,89988	1,0056	1,0316	31,6	92,07	0,0144	89,33	89,15
23/8/10	9:40	15	20	-2,89988	1,0056	1,0290	29,0	100,70	0,0110	81,24	81,07
23/8/10	9:56	30	20	-2,89988	1,0056	1,0272	27,2	106,67	0,0080	75,63	75,48
23/8/10	10:25	60	20	-2,89988	1,0056	1,0254	25,4	112,65	0,0058	70,03	69,89
23/8/10	11:25	120	20	-2,89988	1,0056	1,0242	24,2	116,84	0,0042	66,30	66,16
23/8/10	13:25	240	20	-2,89988	1,0056	1,0220	22,0	123,94	0,0031	59,45	59,33
23/8/10	17:25	480	20	-2,89988	1,0056	1,0150	15,0	147,18	0,0024	37,66	37,59
24/8/10	9:25	1440	20	-2,89988	1,0056	1,0052	5,2	179,72	0,0015	7,16	7,14
24/8/10	17:25	1820	20	-2,89988	1,0056	1,0052	5,2	179,72	0,0013	7,16	7,14

Observaciones

Pag. 16/52



Análisis granulométrico de suelos finos por UNE 103.102 sedimentación Resultados

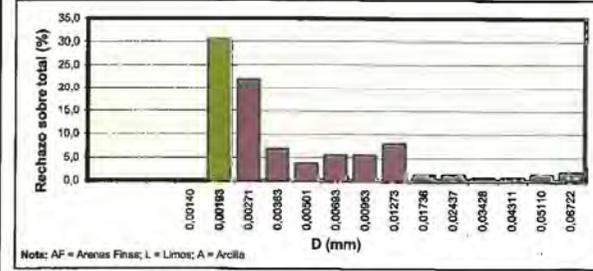
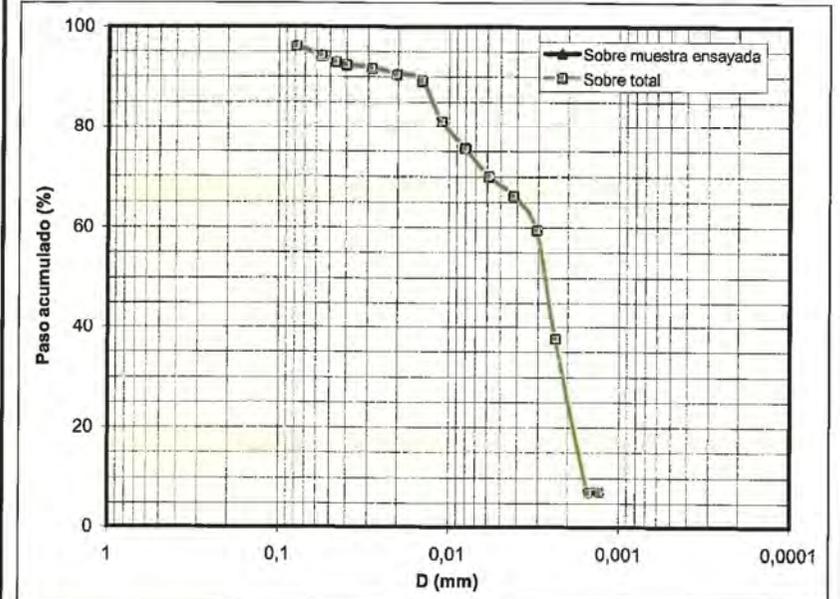
Calle Nicolás Copérnico 12
Polígono CODEIN 28940
Fuenlabrada, MADRID
Tf: 606.88.54 Fax: 609.88.55

Trabajo: **BALSA FRAGA**
Localización:
Referencia: 10607 Muestra: S-1 TP

Cliete: **GHM CONSULTORES**
Fecha: 25-ago-10
Operador: **N. Calderón**
Cotas: 1,90-2,10

Datos de la muestra

Masa suelo húmedo, m_h (g): **51,050** % paso por tamiz 100 (D= 0,149 mm): **99,800**
 Humedad higroscópi., W (%): **0,000** Pérdida por tratamiento, (g): **0,000**
 Masa de suelo seco, m_d (g): **51,050** Peptizante: **Hexametáfosfato sódico al 0,5%**
 Densidad relativa partículas, ρ_s (g/ml): **2,698**



Observaciones

Pag. 17/52



Trabajo	BALSA FRAGA	Cliente	GHM CONSULTORES	Fecha	25-ago-10
Localización		Operador	N. Calderón		
Calle Nicolas Copernico 12 Polígono CODEIN 28940 Fuenlabrada, MADRID Tf: 609.88.54 Fax: 609.88.55					
SIGESuelos'98 - (GS1)	Referencia: 10607	Muestra: S-2 MI	Cotas: 1,60-2,20		

Muestra con tratamientos previos

Masa suelo húmedo, m_h (g): 51,710
 Humedad higroscópi., W (%): 0,000
 Masa de suelo seco, m_d (g): 51,710
 Densidad relativa partículas, ρ_s (g/ml): 2,694
 % paso por tamiz 100 (D= 0,149 mm): 90,400
 Pérdida por tratamiento, (g): 0,000
 Peptizante: Hexametáfosfato sódico al 0,5%

Formulación utilizada

$$R = R_h + Cm + Ct - Cd$$

$$D = 0,005531 \sqrt{\frac{\eta H_r}{(\rho_s - 1)t}}$$

$$K = \frac{100 \rho_s}{m_d (\rho_s - 1)} R$$

$$m_d = m_s \frac{100}{100 + W}$$

$$R_h = (R'_h - 1) \cdot 1000$$

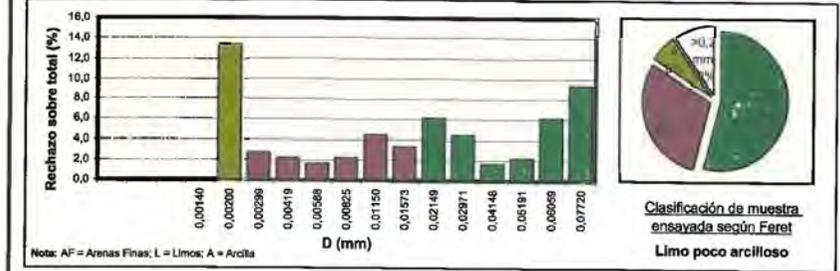
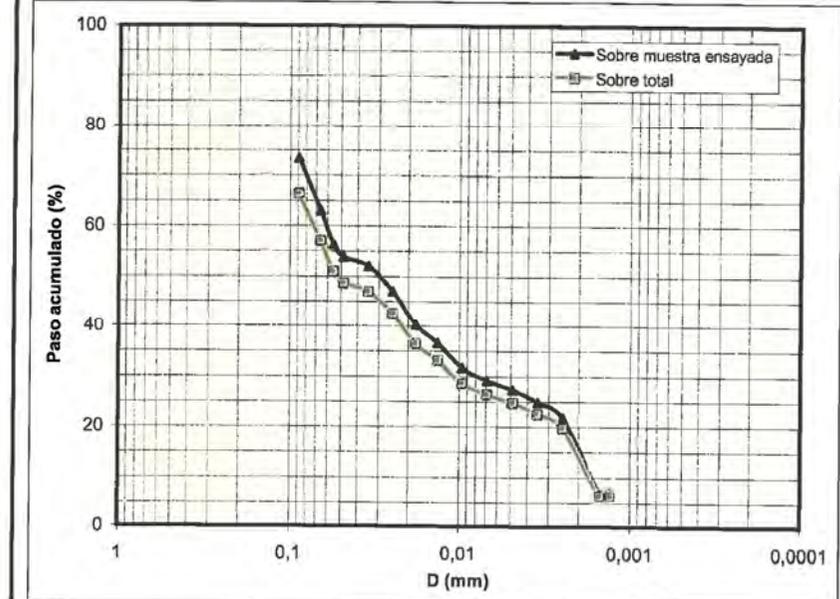
Datos del ensayo

Fecha (d/m/a)	Hora (h:m)	Tiempo t (min)	Temp. T (°C)	Correcc. Cm+Ct-Cd	Viscos. η (mPa s)	Lect. R_h	L. Cor. R_h	Prof. H_r (mm)	Diam. D (mm)	% Paso K (%) (Muestra)	% Paso K (%) (Total)
23/8/10	9:30	0,25	20	-2,89988	1,0056	1,0268	26,8	108,00	0,0886	73,50	66,45
23/8/10	9:30	0,5	20	-2,89988	1,0056	1,0234	20,4	119,29	0,0658	63,05	56,99
23/8/10	9:30	0,75	20	-2,89988	1,0056	1,0212	21,2	126,80	0,0554	56,28	50,88
23/8/10	9:31	1	20	-2,89988	1,0056	1,0204	20,4	129,25	0,0484	53,82	48,85
23/8/10	9:32	2	20	-2,89988	1,0056	1,0198	19,8	131,25	0,0345	51,98	46,99
23/8/10	9:34	4	20	-2,89988	1,0056	1,0182	18,2	136,56	0,0249	47,05	42,54
23/8/10	9:38	8	20	-2,89988	1,0056	1,0160	16,0	143,86	0,0181	40,29	36,42
23/8/10	9:45	15	20	-2,89988	1,0056	1,0148	14,8	147,85	0,0134	36,60	33,08
23/8/10	10:00	30	20	-2,89988	1,0056	1,0132	13,2	153,16	0,0096	31,68	28,64
23/8/10	10:30	60	20	-2,89988	1,0056	1,0124	12,4	155,82	0,0069	29,22	26,41
23/8/10	11:30	120	20	-2,89988	1,0056	1,0118	11,8	157,81	0,0049	27,37	24,74
23/8/10	13:30	240	20	-2,89988	1,0056	1,0110	11,0	160,46	0,0035	24,91	22,52
23/8/10	17:30	480	20	-2,89988	1,0056	1,0100	10,0	163,78	0,0025	21,84	19,74
24/8/10	9:30	1440	20	-2,89988	1,0056	1,0052	5,2	179,72	0,0015	7,07	6,39
24/8/10	17:30	1920	20	-2,89988	1,0056	1,0052	5,2	179,72	0,0013	7,07	6,39

Trabajo	BALSA FRAGA	Cliente	GHM CONSULTORES	Fecha	25-ago-10
Localización		Operador	N. Calderón		
Calle Nicolas Copernico 12 Polígono CODEIN 28940 Fuenlabrada, MADRID Tf: 609.88.54 Fax: 609.88.55					
SIGESuelos'98 - (GS1)	Referencia: 10607	Muestra: S-2 MI	Cotas: 1,60-2,20		

Datos de la muestra

Masa suelo húmedo, m_h (g): 51,710 % paso por tamiz 100 (D= 0,149 mm): 90,400
 Humedad higroscópi., W (%): 0,000 Pérdida por tratamiento, (g): 0,000
 Masa de suelo seco, m_d (g): 51,710 Peptizante: Hexametáfosfato sódico al 0,5%
 Densidad relativa partículas, ρ_s (g/ml): 2,694



L.Líquido UNE 103103. L.Plást. UNE 103104



ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG

(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES

TRABAJO: Balsa Fraga

INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón

MUESTRA: C-F1 MA-1 2,00-2,20

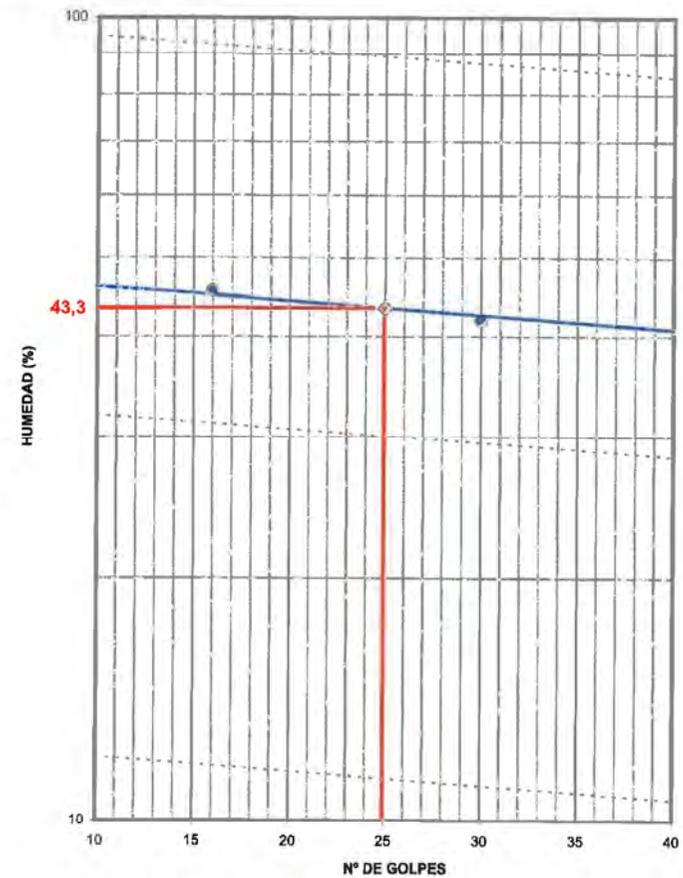
FECHA: 23/08/10

Hoja 1 de 1

CSIAM-EnyLA (200602)

L. Líquido	Ens. 1	Ens. 2	L. Plástico	Ens. 1	Ens. 2	Media	Resultados
Nº de golpes:	30	16	T+S+A (g):	26,09	26,89		LL: 43,3
T+S+A (g):	23,35	31,27	T+S (g):	23,65	24,60		LP: 26,5
T+S (g):	19,16	24,33	T (g):	15,36	16,02		IP: 16,8
T (g):	9,14	9,10	A (g):	2,24	2,29		
A (g):	4,19	6,94	S (g):	8,49	8,58		
S (g):	10,02	15,23	Humedad (%):	26,38	26,69	26,54	
Humedad (%):	41,82	45,57					

Representación gráfica:



Observaciones:



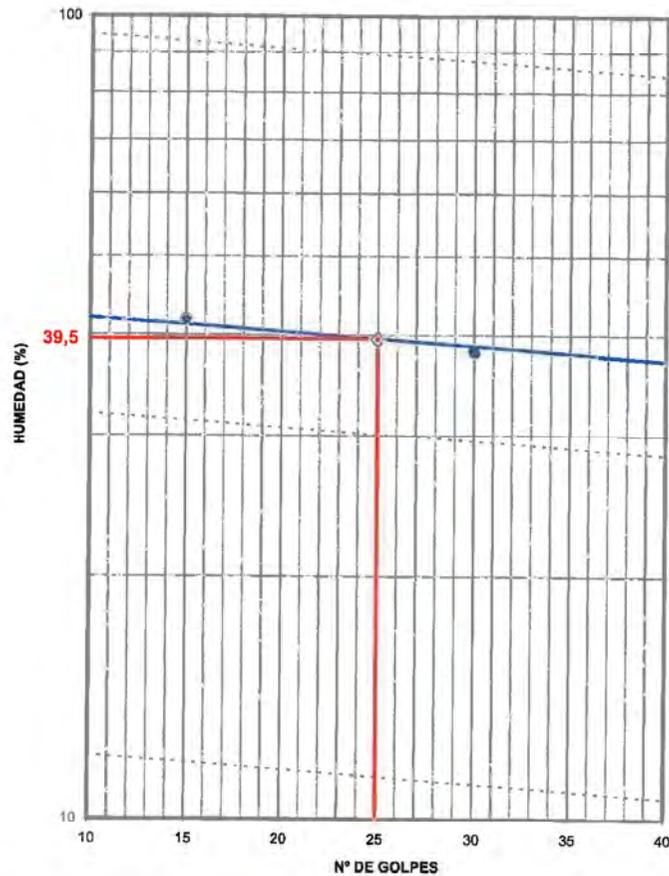
ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG

(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: C-F2 MA-1 1,40-1,60 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Ens.1	Ens.2	L. Plástico	Ens.1	Ens.2	Media	Resultados
Nº de golpes:	30	15	T+S+A (g):	28,34	28,73		LL: 39,5
T+S+A (g):	27,68	28,48	T+S (g):	25,69	26,17		LP: 25,5
T+S (g):	22,58	21,88	T (g):	15,51	15,94		IP: 14,0
T (g):	9,16	6,08	A (g):	2,65	2,58		
A (g):	5,10	6,60	S (g):	10,18	10,23		
S (g):	13,42	15,60	Humedad (%):	26,03	25,02	25,53	
Humedad (%):	38,00	41,77					

Representación gráfica



Observaciones:



22/52



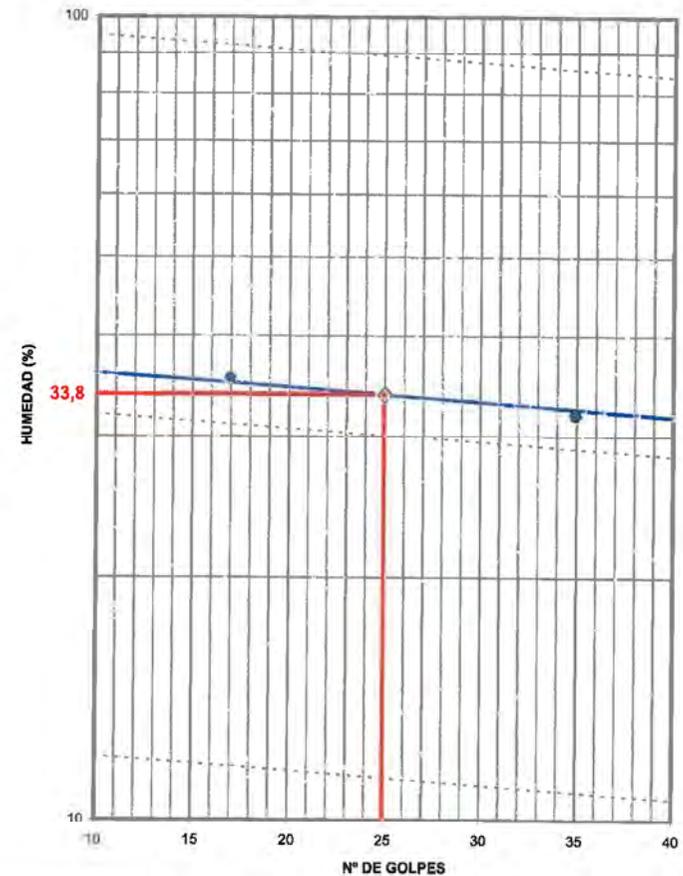
ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG

(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 SPT 1,30-1,90 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Ens.1	Ens.2	L. Plástico	Ens.1	Ens.2	Media	Resultados
Nº de golpes:	35	17	T+S+A (g):	26,89	26,19		LL: 33,8
T+S+A (g):	32,57	28,35	T+S (g):	24,61	23,99		LP: 22,5
T+S (g):	26,85	23,03	T (g):	14,52	14,14		IP: 11,3
T (g):	8,93	8,01	A (g):	2,28	2,20		
A (g):	5,72	5,32	S (g):	10,09	9,85		
S (g):	17,92	15,02	Humedad (%):	22,60	22,34	22,47	
Humedad (%):	31,92	35,42					

Representación gráfica



Observaciones:



23/52

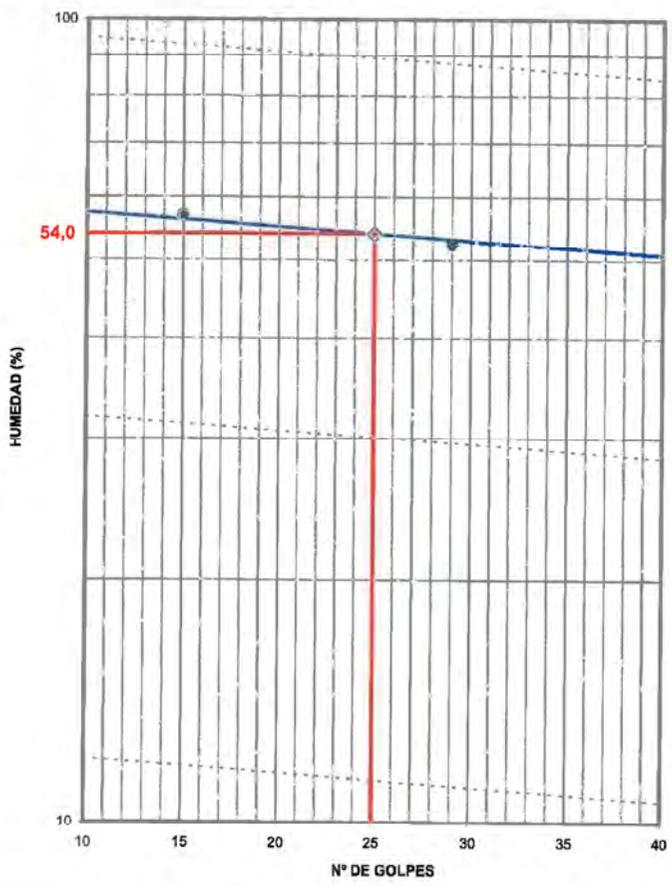


ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG
(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 1,90-2,10 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Ensayo 1	Ensayo 2	L. Plástico	Ensayo 1	Ensayo 2	Media	Resultados	
Nº de golpes:	29	15	T+S+A (g):	23,89	28,50		LL:	54,0
T+S+A (g):	29,92	24,99	T+S (g):	21,86	25,84		LP:	30,6
T+S (g):	22,74	19,25	T (g):	15,18	17,18		IP:	23,4
T (g):	9,02	9,18	A (g):	2,03	2,66			
A (g):	7,18	5,74	S (g):	6,68	8,66			
S (g):	13,72	10,07	Humedad (%):	30,39	30,72	30,55		
Humedad (%):	52,33	57,00						

Representación gráfica



Observaciones:



24/52

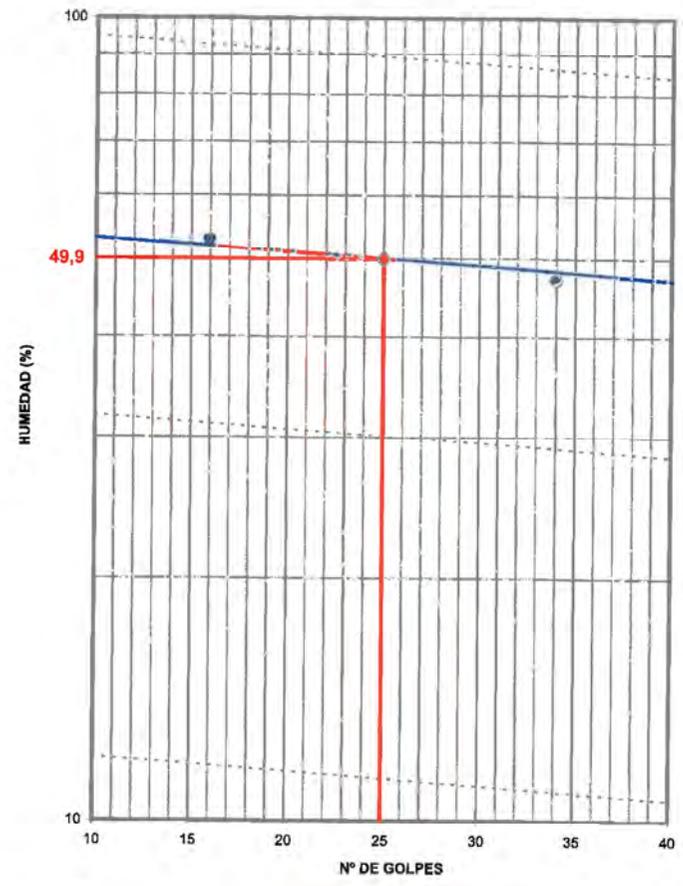


ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG
(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 3,50-3,80 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Ensayo 1	Ensayo 2	L. Plástico	Ensayo 1	Ensayo 2	Media	Resultados	
Nº de golpes:	34	16	T+S+A (g):	25,88	30,45		LL:	49,9
T+S+A (g):	28,13	25,58	T+S (g):	23,67	27,79		LP:	22,8
T+S (g):	21,92	19,94	T (g):	14,01	16,11		IP:	27,1
T (g):	8,72	9,26	A (g):	2,21	2,86			
A (g):	6,21	5,84	S (g):	9,66	11,68			
S (g):	13,20	10,68	Humedad (%):	22,88	22,77	22,83		
Humedad (%):	47,05	52,81						

Representación gráfica



Observaciones:



25/52

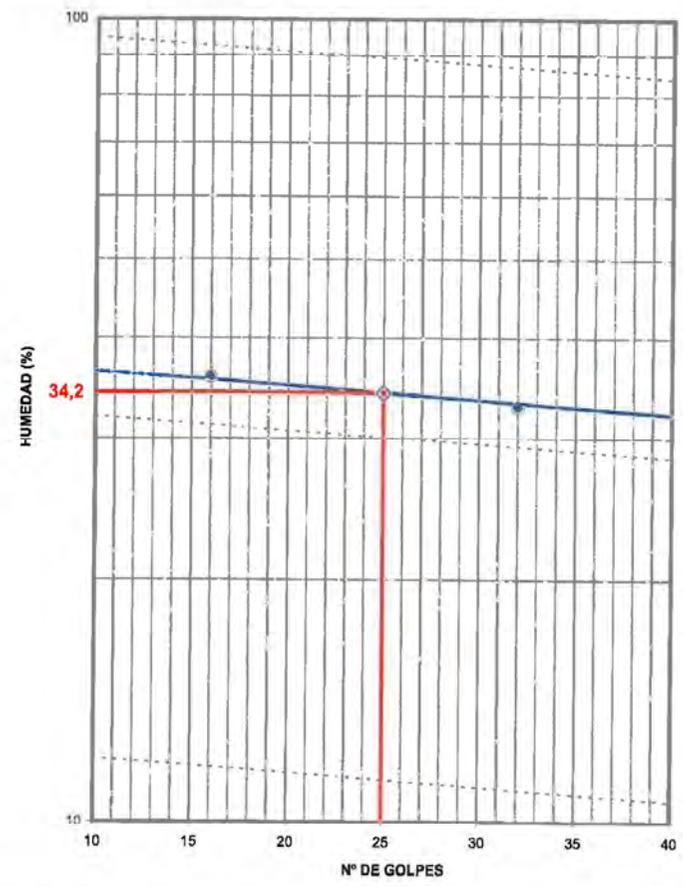


ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG
(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 5,80-6,20 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Ensa:1	Ensa:2	L. Plástico	Ensa:1	Ensa:2	Media	Resultados
Nº de golpes:	32	16	T+S+A (g):	26,80	31,37		LL: 34,2
T+S+A (g):	29,98	33,17	T (g):	24,83	28,76		LP: 18,9
T+S (g):	24,73	26,88	T (g):	14,32	15,06		IP: 15,3
T (g):	8,76	9,29	A (g):	1,97	2,61		
A (g):	5,25	6,29	S (g):	10,51	13,70		
S (g):	15,97	17,59	Humedad (%):	18,74	19,05	18,90	
Humedad (%):	32,87	35,76					

Representación gráfica



Observaciones:



20/8/10

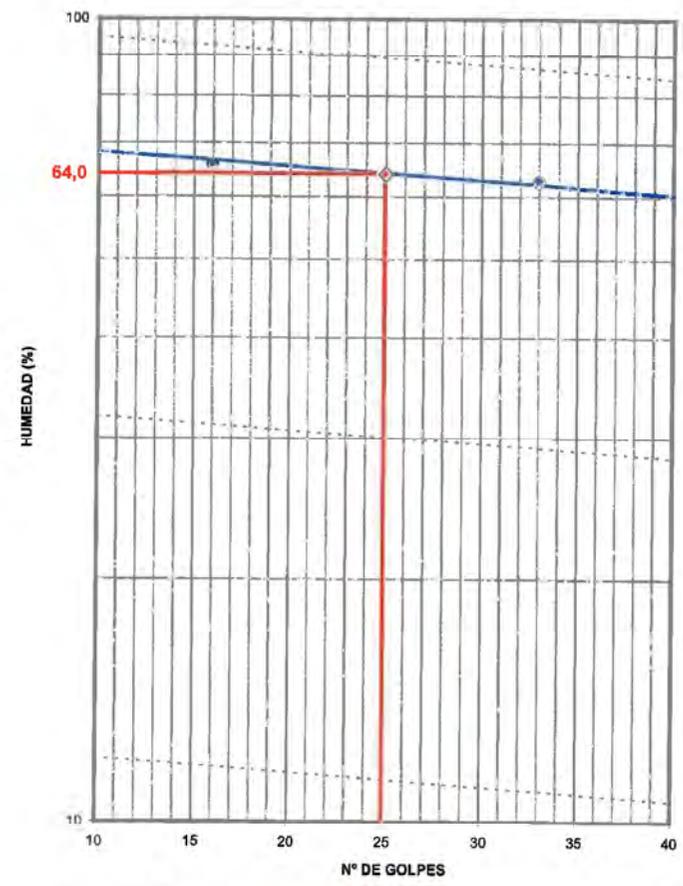


ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG
(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 7,60-8,00 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Ensa:1	Ensa:2	L. Plástico	Ensa:1	Ensa:2	Media	Resultados
Nº de golpes:	33	16	T+S+A (g):	23,89	28,50		LL: 64,0
T+S+A (g):	30,08	30,41	T+S (g):	21,86	25,94		LP: 29,8
T+S (g):	21,98	21,59	T (g):	15,18	17,18		IP: 34,2
T (g):	9,04	8,16	A (g):	2,03	2,56		
A (g):	8,10	8,82	S (g):	6,68	8,76		
S (g):	12,94	13,43	Humedad (%):	30,39	29,22	29,81	
Humedad (%):	62,60	65,67					

Representación gráfica



Observaciones:



20/8/10



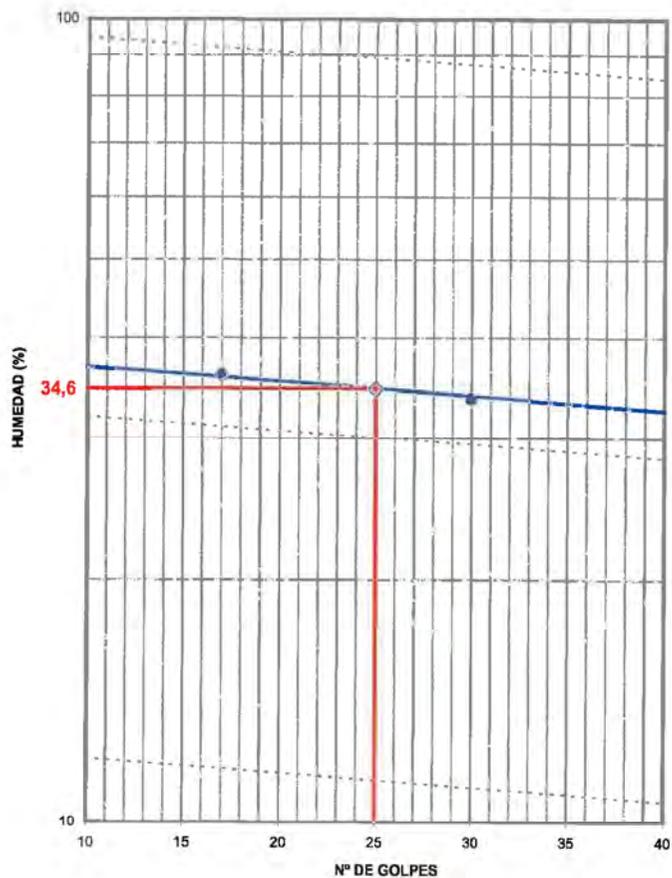
ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG

(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-2 SPT 0,60-1,20 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Ens. 1	Ens. 2	L. Plástico	Ens. 1	Ens. 2	Media	Resultados
Nº de golpes:	30	17	T+S+A (g):	27,16	27,42		LL: 34,6
T+S+A (g):	24,62	26,75	T+S (g):	24,85	25,18		LP: 23,7
T+S (g):	20,75	23,42	T (g):	15,12	15,69		IP: 10,9
T (g):	9,24	8,61	A (g):	2,31	2,24		
A (g):	3,87	5,33	S (g):	9,73	9,49		
S (g):	11,51	14,81	Humedad (%):	23,74	23,60	23,67	
Humedad (%):	33,62	35,99					

Representación gráfica:



Observaciones:



28/5/2



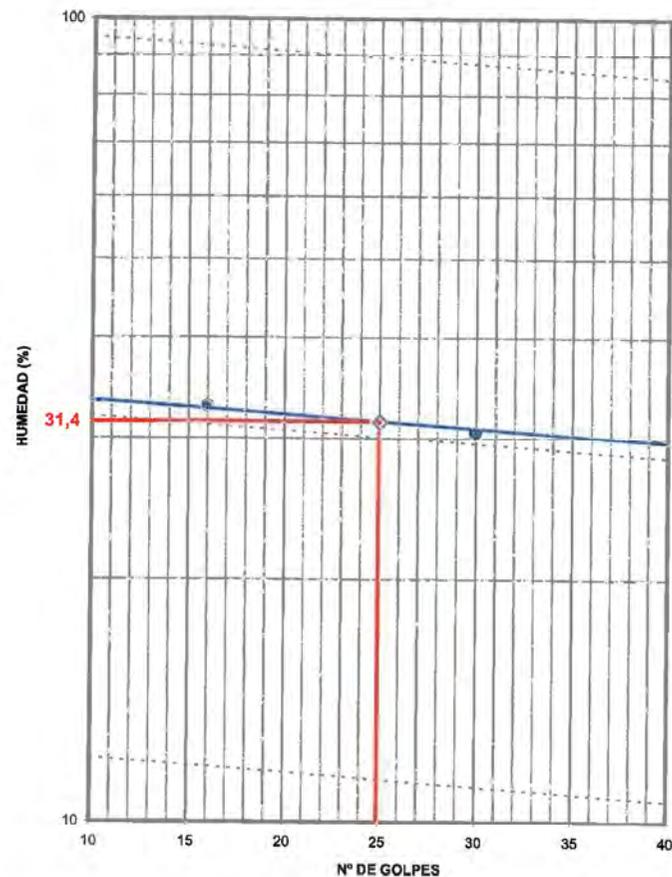
ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG

(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-2 MI 1,60-2,20 FECHA: 23/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Ens. 1	Ens. 2	L. Plástico	Ens. 1	Ens. 2	Media	Resultados
Nº de golpes:	30	16	T+S+A (g):	30,80	31,04		LL: 31,4
T+S+A (g):	33,78	40,61	T+S (g):	28,29	28,40		LP: 20,6
T+S (g):	28,03	34,28	T (g):	16,02	15,70		IP: 10,8
T (g):	9,17	15,05	A (g):	2,51	2,64		
A (g):	5,75	6,33	S (g):	12,27	12,70		
S (g):	18,86	19,23	Humedad (%):	20,46	20,79	20,62	
Humedad (%):	30,49	32,92					

Representación gráfica:



Observaciones:



29/5/2



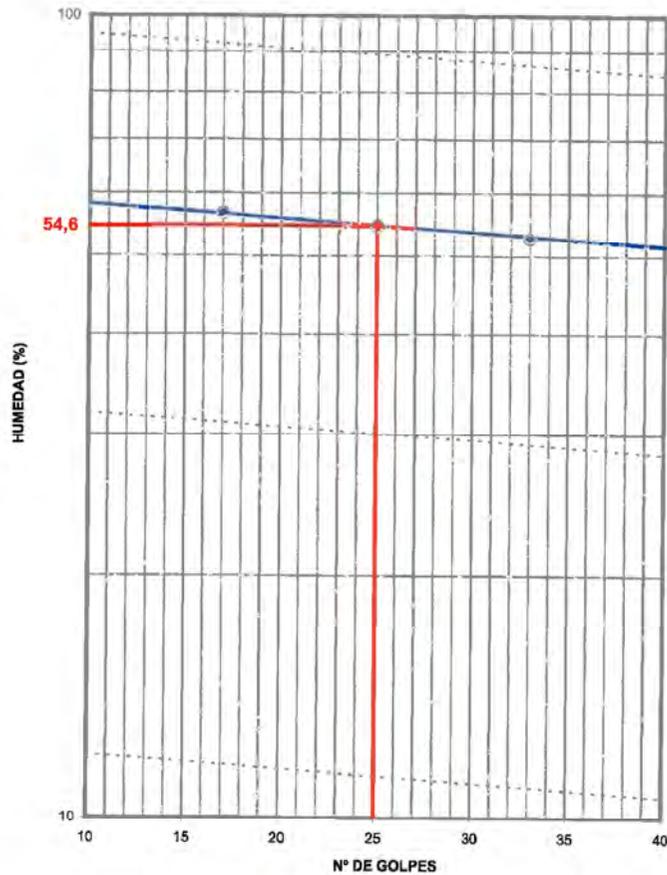
ENSAYO LÍMITES DE ATTERBERG

(L. Líquido UNE 103.103 L. Plástico UNE 103.104)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-2 TP 5,70-6,00 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

L. Líquido	Eps:1	Eps:2	L. Plástico	Eps:1	Eps:2	Media	Resultados
Nº de golpes:	23	17	T+S+A (g):	24,83	26,74		LL: 54,6
T+S+A (g):	24,82	28,82	T+S (g):	22,34	24,13		LP: 30,6
T (g):	19,28	21,74	T (g):	14,21	15,61		IP: 24,0
T (g):	9,13	9,07	A (g):	2,49	2,61		
A (g):	5,34	7,18	S (g):	8,13	8,52		
S (g):	10,15	12,67	Humedad (%):	30,63	30,63	30,63	
Humedad (%):	52,61	56,67					

Representación gráfica



Observaciones:



3/58

Compresión Simple. UNE 103400



3/58



COMPRESIÓN SIMPLE (Norma UNE-103.400)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: S-1 TP 1,90-2,10 FECHA: 13/08/10 Hoja 1 de 1

CDIAM-EnyCSS (20040107)

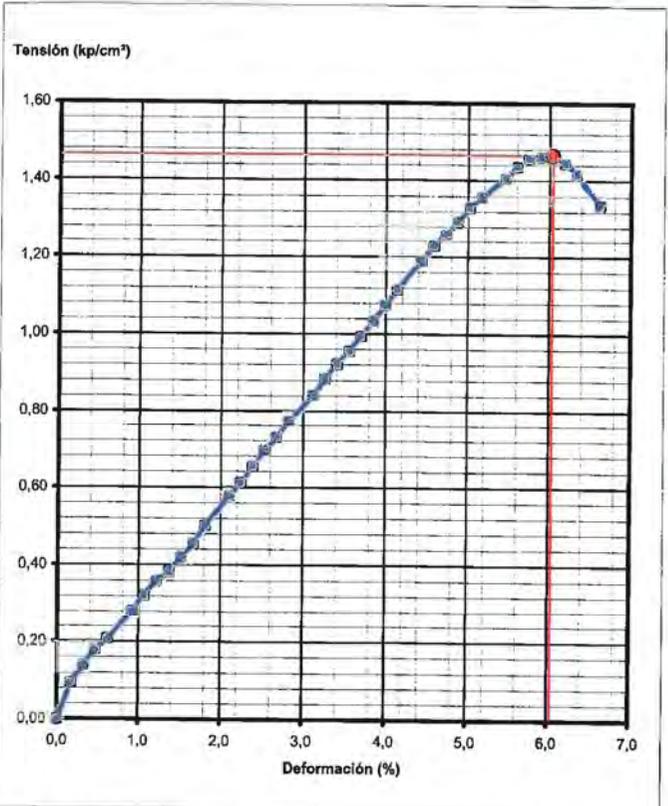
Medidas del ensayo

T (kp/cm ²)	ΔL (%)
0,00	0,00
0,09	0,17
0,14	0,32
0,18	0,47
0,21	0,62
0,28	0,92
0,32	1,07
0,36	1,22
0,38	1,37
0,42	1,52
0,45	1,66
0,50	1,81
0,58	2,10
0,61	2,25
0,65	2,39
0,69	2,53
0,73	2,68
0,77	2,83
0,84	3,12
0,88	3,26
0,92	3,41
0,96	3,56
0,99	3,70
1,03	3,85
1,07	3,99
1,11	4,14
1,19	4,44
1,23	4,58
1,26	4,73
1,29	4,88
1,33	5,02
1,36	5,17
1,40	5,45
1,43	5,60
1,45	5,75
1,46	5,89
1,46	6,04
1,44	6,19
1,41	6,33
1,34	6,62

Datos y Resultados del ensayo

Humedad (%)	15,02	Forma de la rotura:	
Densidad (g/cm ³):	1,80		
Velocidad (%/min):	2,000		
Área (cm ²):	41,28		
Volumen (cm ³):	668,36	Resistencia máxima (kp/cm ²):	1,46
Altura probeta (cm):	16,19	Deformación (%):	6,04
Diámetro (cm):	7,25	Resistencia al 15% de deformación (kp/cm ²):	

Curva completa del ensayo



Observaciones



34/68



COMPRESIÓN SIMPLE (Norma UNE-103.400)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: S-1 TP 7,60-8,00 FECHA: 13/08/10 Hoja 1 de 1

CDIAM-EnyCSS (20040107)

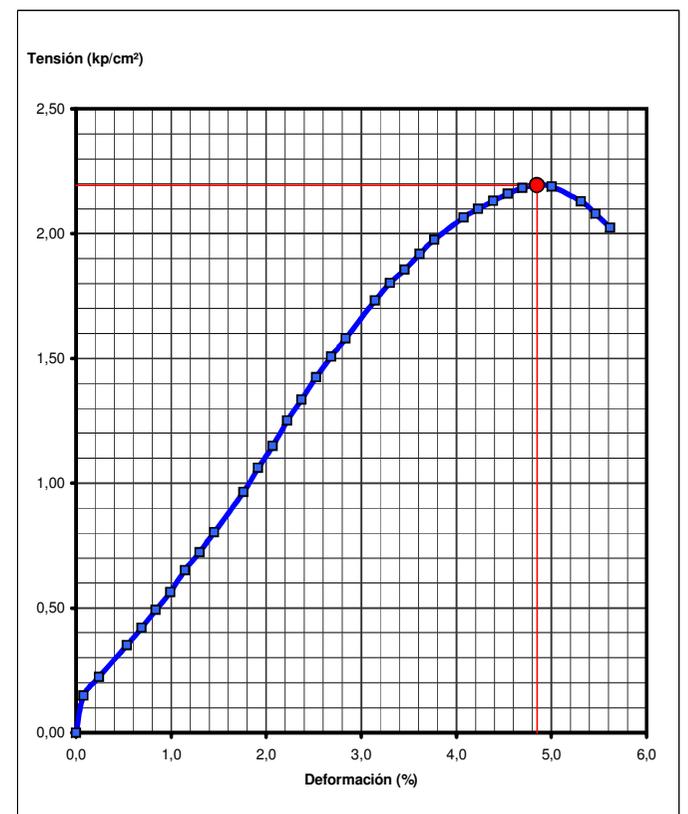
Medidas del ensayo

T (kp/cm ²)	ΔL (%)
0,00	0,00
0,15	0,08
0,22	0,24
0,35	0,54
0,42	0,69
0,49	0,84
0,56	0,99
0,65	1,15
0,72	1,30
0,80	1,45
0,96	1,76
1,06	1,91
1,15	2,07
1,25	2,22
1,34	2,37
1,42	2,53
1,51	2,68
1,58	2,84
1,73	3,15
1,80	3,30
1,86	3,46
1,92	3,61
1,98	3,77
2,07	4,08
2,10	4,23
2,13	4,39
2,16	4,54
2,18	4,70
2,19	4,85
2,19	5,00
2,13	5,31
2,08	5,46
2,02	5,62

Datos y Resultados del ensayo

Humedad (%)	13,71	Forma de la rotura:	
Densidad (g/cm ³):	1,89		
Velocidad (%/min):	2,000		
Área (cm ²):	41,97		
Volumen (cm ³):	655,13	Resistencia máxima (kp/cm ²):	2,19
Altura probeta (cm):	15,61	Deformación (%):	4,85
Diámetro (cm):	7,31	Resistencia al 15% de deformación (kp/cm ²):	

Curva completa del ensayo



Observaciones

Ensayo Edométrico (UNE-103405)

ENSAYO EDOMÉTRICO
(Norma UNE 103.405)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 3,50-3,80 FECHA: 24/08/10 Hoja 1 de 1

Seguimiento del ensayo

Tiempo (min)

Datos y Resultados del ensayo

Humedad final (%): 16,63 Índice de poros inicial (e₀): 0,560
 P.e.p. sol. (g/cm³): 2,898 Índice de compresión (Cc): 0,170
 Grado de sat. In. (%): 63,30 P. Preconsolidación (kg/cm²): 1,19
 Grado de sat. Fin. (%): 80,09 Módulo edométrico* (kg/cm²): 182,93
 Den. seca inic. (g/cm³): 1,729 Coef. Compresibilidad* (av): 0,00853
 Den. seca final. (g/cm³): 1,864 (*) En el rango de presiones del tramo recto de carga

Índice de poros por escalón

Escalón	Carga (kg/cm ²)	ΔH (mm)	Hf (mm)	e
0,1	0,1	0,000	20,000	0,560
0,2	0,2	0,000	20,000	0,560
0,4	0,4	0,000	20,000	0,560
0,8	0,8	-0,102	19,898	0,552
1,6	1,6	-0,498	19,502	0,522
3,2	3,2	-1,127	18,873	0,472
6	6	-1,704	18,296	0,427
12	12	-2,360	17,640	0,376
3,2	3,2	-2,144	17,856	0,393
0,8	0,8	-1,845	18,155	0,416
0,1	0,1	-1,446	18,554	0,448

Gráfico Edométrico:

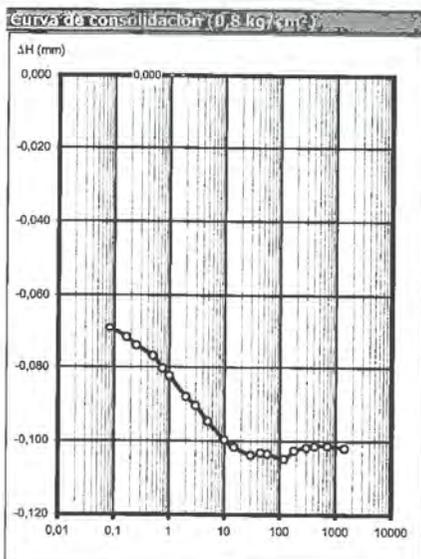
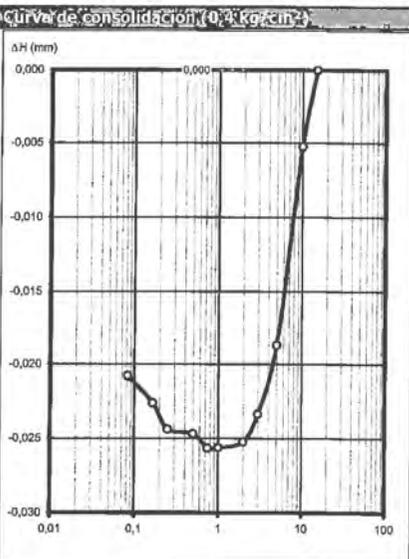
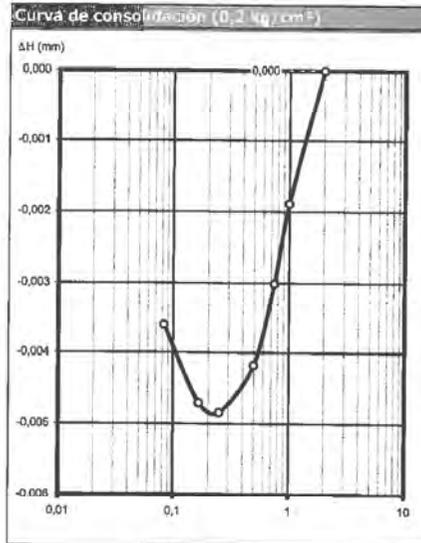
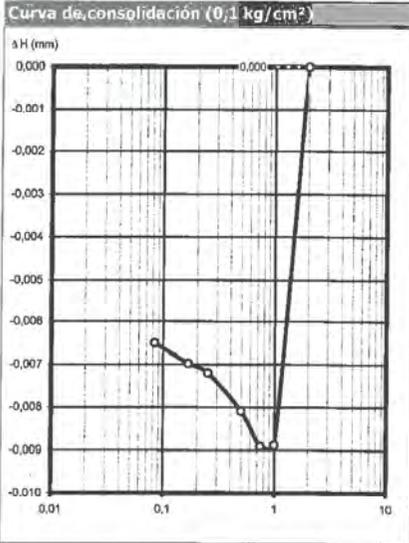
Presión (kg/cm²)

Observaciones
Diámetro 49,5mm, Altura 20mm



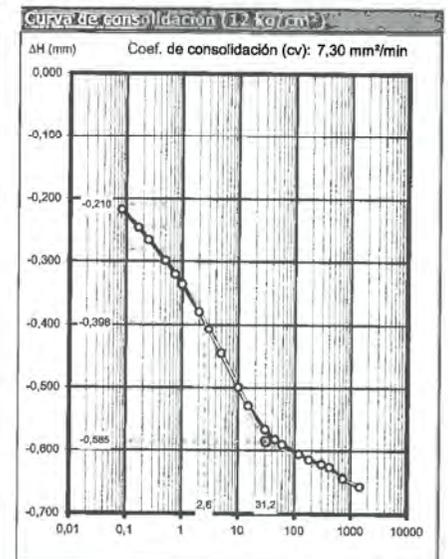
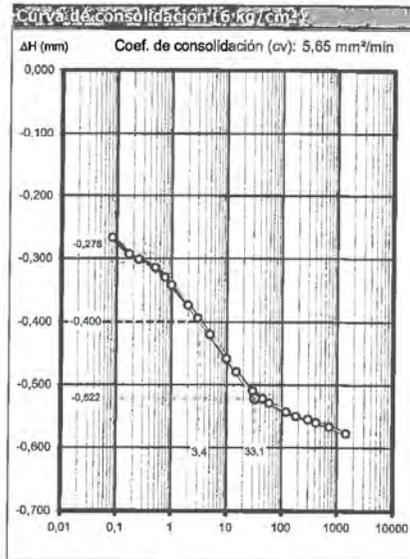
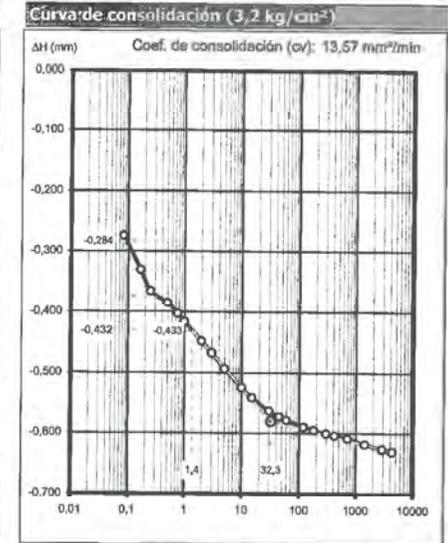
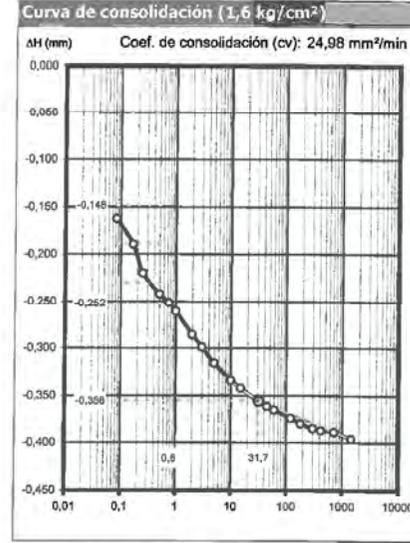
CURVAS DE CONSOLIDACIÓN (EDÓMETRO)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 3,50-3,80 FECHA 24/08/10 Hoja 1 de 3



CURVAS DE CONSOLIDACIÓN (EDÓMETRO)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 3,50-3,80 FECHA 24/08/10 Hoja 2 de 3

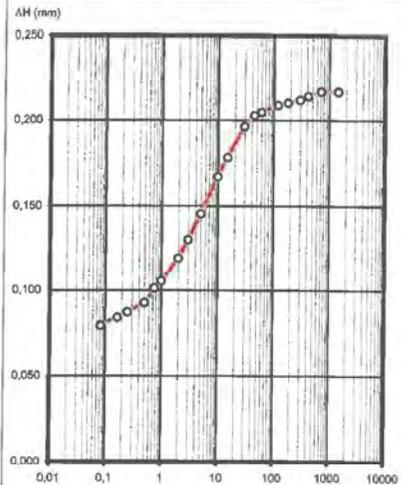




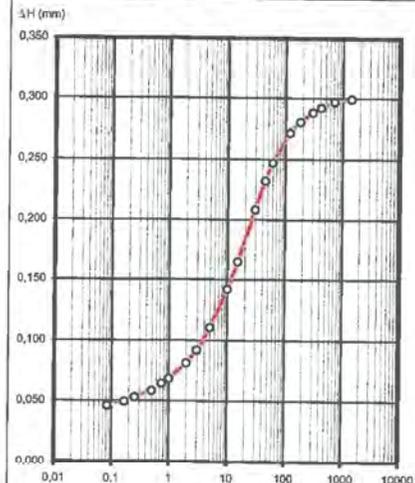
CURVAS DE CONSOLIDACIÓN (EDÓMETRO)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
TRABAJO: Balsa Fraga
INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
MUESTRA: S-1 TP 3,50-3,80 FECHA: 24/08/10 Hoja 3 de 3

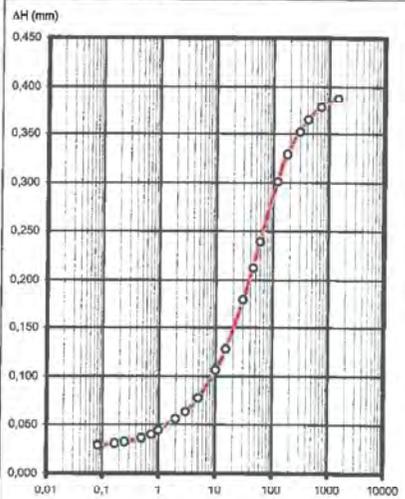
Curva de descarga (3,2 kg/cm²)



Curva de descarga (0,8 kg/cm²)



Curva de descarga (0,2 kg/cm²)



ENSAYO LAMBE (UNE-103.600)

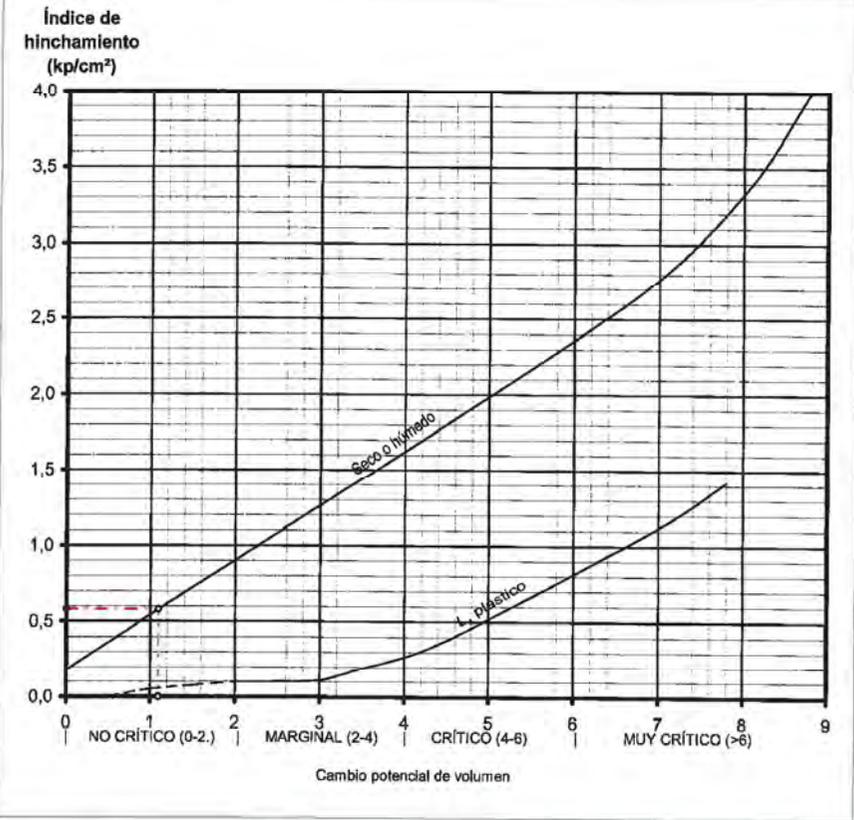


LAMBE
(Norma UNE-103.600)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: C-F1 MA-1 2,00-2,20 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

Datos del ensayo		Resultados del ensayo	
Inicial	Final		
Humedad (%):	0,29 18,94	Índice de hinchamiento (kg/cm ²):	0,580
Densidad (g/cm ³):	1,83 1,83	Condiciones del ensayo:	Seco
Área (cm ²):	38,48 38,48	Cambio potencial de volumen:	NO CRÍTICO
Volumen (cm ³):	61,58 61,58		(1,10)
Altura probeta (cm):	1,60 1,60		

Curva completa del ensayo



Observaciones

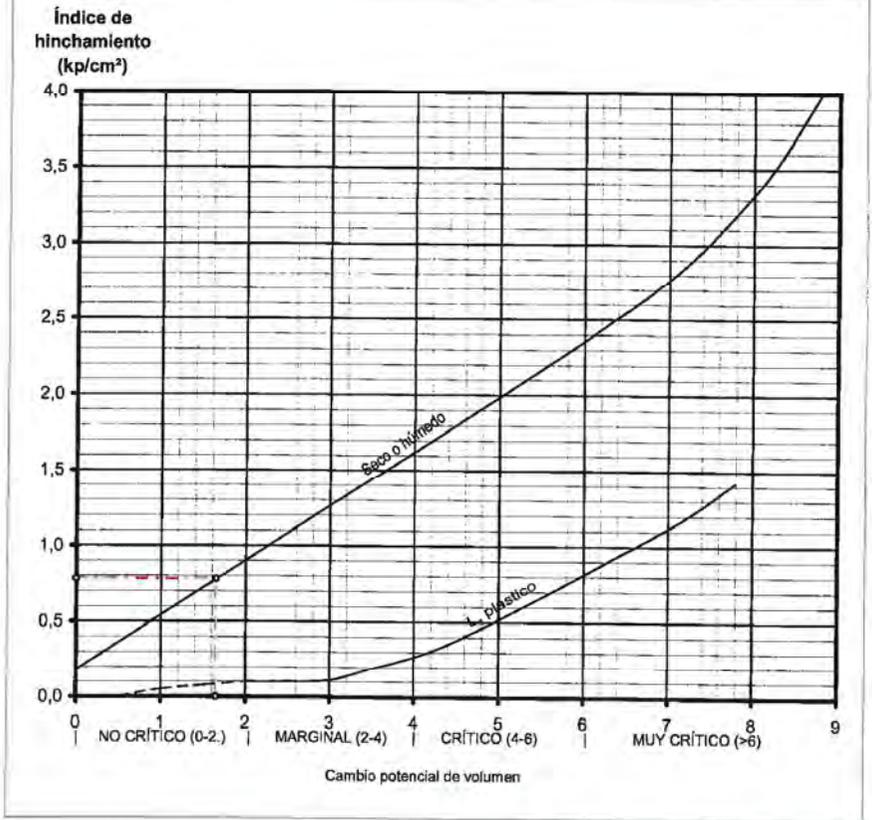


LAMBE
(Norma UNE-103.600)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: C-F2 MA-1 1,40-1,60 FECHA: 19/08/10 Hoja 1 de 1

Datos del ensayo		Resultados del ensayo	
Inicial	Final		
Humedad (%):	0,91 14,70	Índice de hinchamiento (kg/cm ²):	0,781
Densidad (g/cm ³):	1,89 1,89	Condiciones del ensayo:	Seco
Área (cm ²):	38,48 38,48	Cambio potencial de volumen:	NO CRÍTICO
Volumen (cm ³):	61,58 61,58		(1,65)
Altura probeta (cm):	1,60 1,60		

Curva completa del ensayo



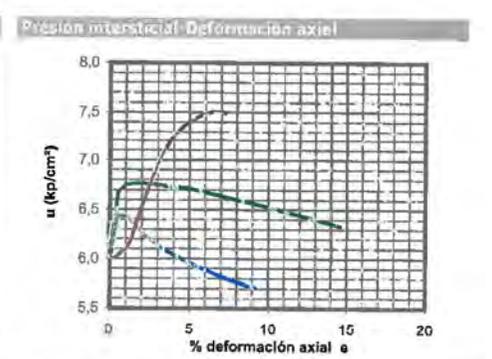
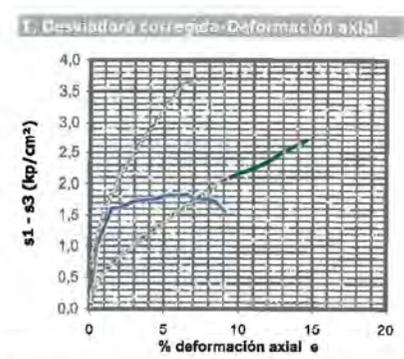
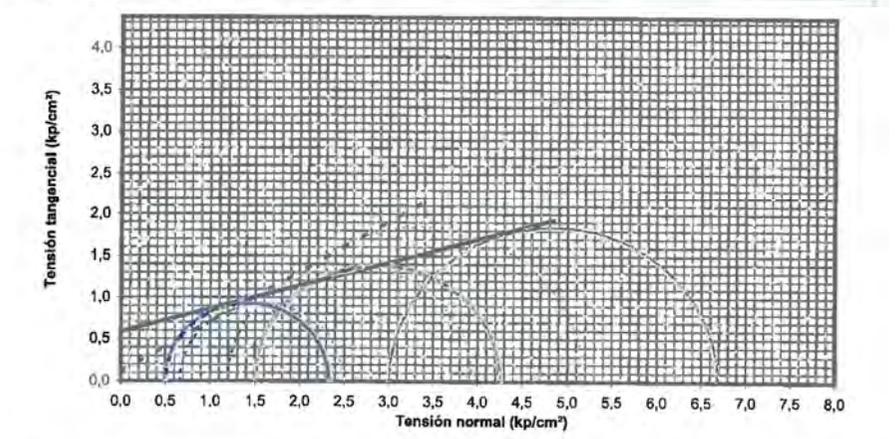
Observaciones

Triaxial. UNE 103402

Tipo de ensayo triaxial
 Controlado sin drenaje y con medida de presiones intersticiales (CU) sobre muestra inalterada
 Velocidad del ensayo 0,03mm/min

Datos generales	I	II	III	Interpretación	Totales	Efectivos
Presión intersticial (kp/cm ²):	0,50	7,50	9,00	Coeficiente (kp/cm ²):	0,59	0,10
Presión de cola (kp/cm ²):	6,00	6,00	6,00	Fricción (°):	15,51	31,21
Diámetro (cm):	3,82	3,82	3,82	Pendiente:	0,28	0,61
Altura (cm):	7,58	7,58	7,58	Datos rotura	I	II
Humedad inicial (%):	12,91	13,82	16,86	(s1+s3)/2 (kp/cm ²):	1,42	2,88
Humedad final (%):	14,07	17,61	17,98	(s1-s3)/2 (kp/cm ²):	0,92	1,38
Densidad seca (g/cm ³):	1,610	1,573	1,595		1,84	1,58
					0,92	1,38

Resumen de resultados de ensayos de laboratorio



Observaciones probeta I:
Observaciones probeta II:
Observaciones probeta III:

TRIAxIAL DE SUELOS
(Norma UNE 103402)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa FRAGA
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-1 TP 3,50-3,80 FECHA: 23/08/10 Hoja 2 de 2

Captura de datos

PROBETA I (6,5 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
0,98	0,51	6,44
1,31	1,02	6,44
1,62	1,53	6,36
1,63	2,03	6,26
1,68	2,54	6,19
1,73	3,05	6,13
1,76	3,56	6,08
1,76	4,07	6,03
1,78	4,58	5,99
1,82	5,08	5,95
1,84	5,59	5,91
1,83	6,10	5,88
1,84	6,61	5,84
1,77	7,12	5,81
1,76	7,63	5,78
1,78	8,13	5,76
1,89	8,64	5,73
1,57	9,15	5,71
1,52	9,66	5,68

PROBETA II (7,5 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
0,40	0,49	6,69
0,57	0,99	6,75
0,71	1,49	6,76
0,83	2,00	6,76
0,92	2,51	6,75
1,03	3,01	6,75
1,11	3,50	6,74
1,21	4,01	6,72
1,30	4,51	6,72
1,38	5,02	6,71
1,48	5,54	6,70
1,58	6,05	6,68
1,66	6,55	6,66
1,74	7,05	6,64
1,82	7,55	6,62
1,88	8,05	6,60
1,99	8,55	6,58
2,07	9,07	6,56
2,11	9,56	6,54
2,18	10,05	6,52
2,21	10,55	6,50
2,25	11,04	6,48
2,31	11,55	6,46
2,37	12,05	6,44
2,44	12,55	6,42
2,52	13,04	6,40
2,58	13,55	6,38
2,63	14,05	6,35
2,70	14,56	6,33
2,76	15,06	6,31

PROBETA III (9 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
1,00	0,33	6,01
1,33	0,66	6,06
1,56	1,01	6,10
1,77	1,35	6,20
1,92	1,67	6,38
2,15	2,01	6,55
2,26	2,35	6,70
2,37	2,69	6,84
2,47	2,99	6,96
2,62	3,30	7,07
2,76	3,63	7,16
2,86	3,96	7,24
2,97	4,27	7,30
3,09	4,59	7,35
3,21	4,92	7,40
3,33	5,26	7,43
3,42	5,59	7,46
3,52	5,91	7,48
3,61	6,25	7,50
3,64	6,60	7,51
3,66	6,92	7,51
3,68	7,26	7,49
3,66	7,60	7,49

TRIAxIAL DE SUELOS
(Norma UNE 103402)

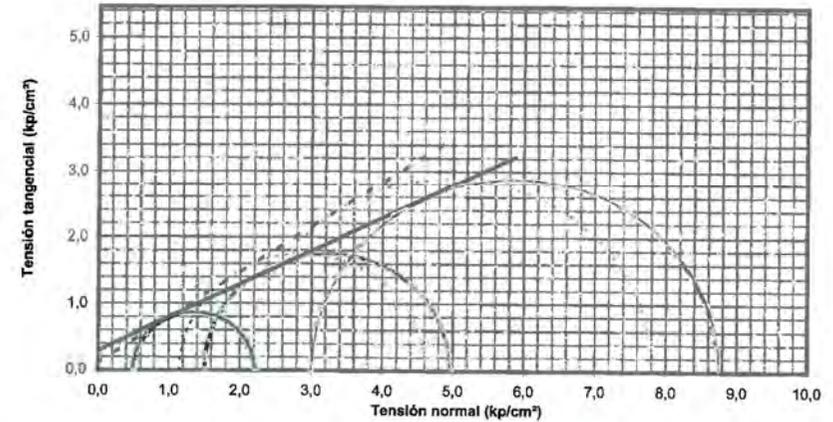
CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa FRAGA
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-2 MI 1,60-2,20 FECHA: 24/08/10 Hoja 1 de 2

Tipo de ensayo triaxial

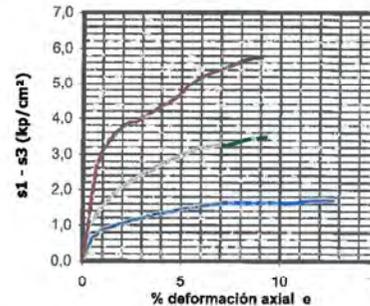
Consolidado sin drenaje y con medida de presiones intersticiales (CU) sobre muestra inalterada
 Velocidad del ensayo 0,038mm/min

Datos generales	I	II	III	Interpretación	Totales	Efectivos				
Presión externa (kp/cm ²):	6,50	7,50	9,00	Cohesión (kp/cm ²):	0,30	0,10				
Presión de coes (kp/cm ²):	6,00	6,00	6,00	Fricción (°):	26,45	34,41				
Diámetro (cm):	3,82	3,82	3,82	Pendiente:	0,50	0,68				
Altura (cm):	7,58	7,58	7,58	Datos rotura						
Humedad inicial (%):	19,24	18,73	13,51	(s1+s3)/2 (kp/cm ²):	1,36	3,24	5,87	1,39	2,89	4,95
Humedad final (%):	21,36	20,29	16,48	(s1-s3)/2 (kp/cm ²):	0,88	1,74	2,87	0,86	1,74	2,87
Densidad seca (g/cm ³):	1,640	1,746	1,713							

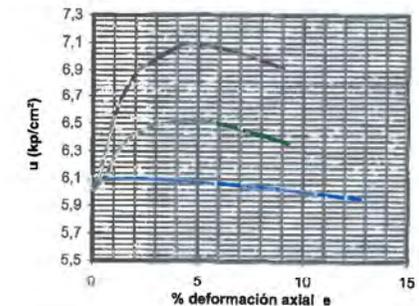
Resultados de ensayos triaxiales



T. Desviadora corregida - Deformación axial



Presión intersticial - Deformación axial



Observaciones probeta I:
 Observaciones probeta II:
 Observaciones probeta III:



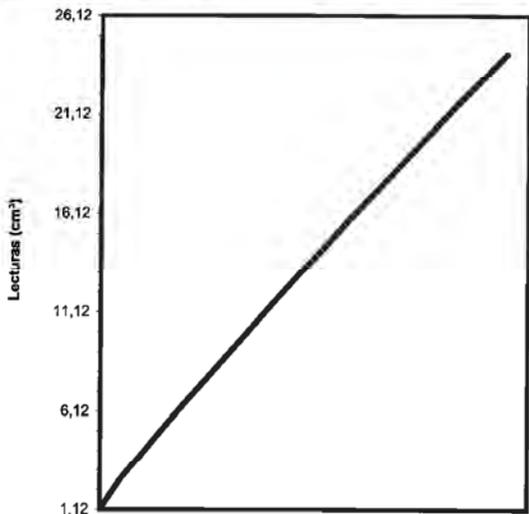
PERMEABILIDAD CON PRESIÓN EN COLA

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-2 MI 1,60-2,20 FECHA: 24/08/10 Hoja 1 de 1

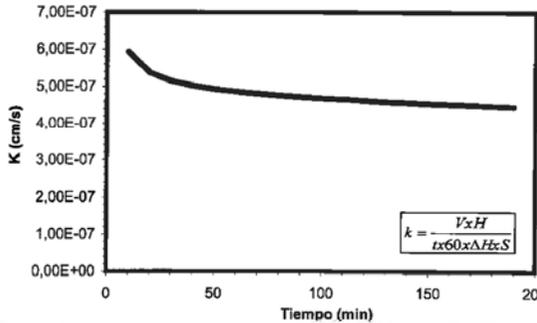
Datos y resultados del ensayo

Superficie (cm ²): S:	11,46	Presión de confinamiento externa (kp/cm ²):	6,5
Altura (cm). H:	7,58	Presión de cola (kp/cm ²):	6,0
Densidad seca (g/cm ³):	1,640	Intervalo de tiempo considerado (min). t:	190
Humedad inicial (%):	18,75	Volumen en el tiempo considerado (cm ³). V:	23,09
Humedad final (%):	21,36	Gradiente de agua (cm). ΔH:	3000
		Permeabilidad 'k' (cm/s):	4,46E-07

Seguimiento del ensayo



Tiempo (min)	Lecturas (cm ³)	Perm. K (cm/s)
0	1,12	-
10	2,73	5,93E-07
20	4,04	5,36E-07
30	5,32	5,14E-07
40	6,59	5,03E-07
50	7,82	4,93E-07
60	9,06	4,87E-07
70	10,28	4,81E-07
80	11,49	4,76E-07
90	12,68	4,72E-07
100	13,87	4,69E-07
110	15,10	4,67E-07
120	16,24	4,63E-07
130	17,37	4,59E-07
140	18,55	4,58E-07
150	19,68	4,55E-07
160	20,83	4,53E-07
170	21,97	4,51E-07
180	23,08	4,48E-07
190	24,21	4,46E-07



Observaciones:



47/58



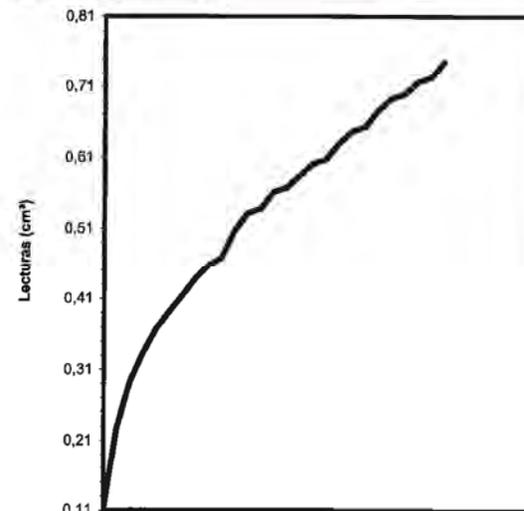
PERMEABILIDAD CON PRESIÓN EN COLA

CLIENTE: GHM CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: N. Calderón
 MUESTRA: S-2 TP 5,70-6,00 FECHA: 25/08/10 Hoja 1 de 1

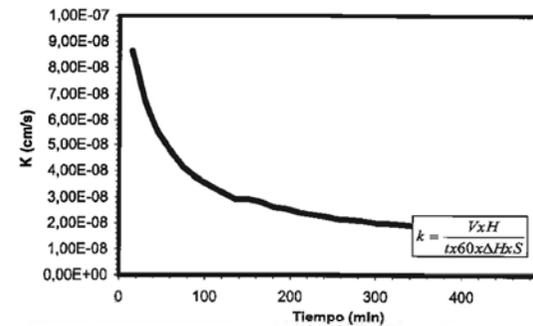
Datos y resultados del ensayo

Superficie (cm ²): S:	11,46	Presión de confinamiento externa (kp/cm ²):	6,5
Altura (cm). H:	7,58	Presión de cola (kp/cm ²):	6,0
Densidad seca (g/cm ³):	1,603	Intervalo de tiempo considerado (min). t:	390
Humedad inicial (%):	22,92	Volumen en el tiempo considerado (cm ³). V:	0,64
Humedad final (%):	24,15	Gradiente de agua (cm). ΔH:	1000
		Permeabilidad 'k' (cm/s):	1,80E-08

Seguimiento del ensayo



Tiempo (min)	Lecturas (cm ³)	Perm. K (cm/s)
0	0,11	-
15	0,22	8,64E-08
30	0,29	8,70E-08
45	0,33	8,48E-08
60	0,36	4,75E-08
75	0,39	4,13E-08
90	0,41	3,73E-08
105	0,43	3,45E-08
120	0,45	3,19E-08
135	0,46	2,93E-08
150	0,50	2,92E-08
165	0,53	2,81E-08
180	0,53	2,62E-08
195	0,56	2,55E-08
210	0,56	2,40E-08
225	0,58	2,32E-08
240	0,60	2,25E-08
255	0,60	2,15E-08
270	0,63	2,12E-08
285	0,64	2,08E-08
300	0,65	2,00E-08
315	0,67	1,98E-08
330	0,69	1,95E-08
345	0,70	1,88E-08
360	0,71	1,86E-08
375	0,72	1,80E-08
390	0,74	1,80E-08



Observaciones:



48/58



DISPERSABILIDAD POR TUBIFICACIÓN PIN-HOLE
(NLT-207)

CLIENTE: GHM CONSULTORES
TRABAJO: Balsa Fraga
INDICATIVO: 10607
MUESTRA: C-F2 MA-1 1.40-1.60 FECHA: 19/08/10

Resultados de los ensayos

ALtura DE AGUA (cm)	TIEMPO (min)	TURBIDEZ	CAUDAL (ml/s)	Ø ORIFICIO (mm)	CLASIFICACIÓN
50	10	CLARA	0,23		
180	10	CLARA	0,74		
380	10	CLARA	1,28		
1020	10	CLARA	3,46		ND1

Proctor Normal. UNE 103500

Observaciones

Ensayo realizado a humedad 13,48



ENSAYO PROCTOR
(Norma UNE 103.500)

CLIENTE: G.H.M. CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: G-F1 MA-1 2,00-2,20 FECHA: 13/08/10 Hoja 1 de 1

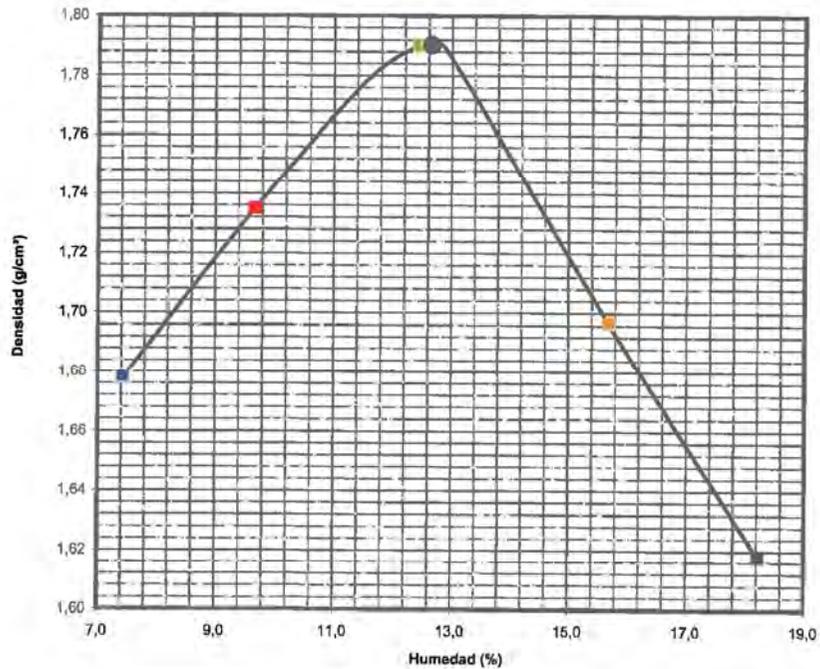
Características	
Tipo ensayo:	Proctor normal
Peso maza (kg):	2,5
Altura caída (cm):	30,5
Nº de capas:	3
Golpes por capa:	26
Material sustituido (%):	0,00

Datos generales	I	II	III	IV	V
Densidad (g/cm³):	1,678	1,735	1,790	1,697	1,618
Humedad (%):	7,43	9,67	12,44	15,68	18,22

Resultados	
Densidad máxima (g/cm³):	1,79
Humedad (%):	12,85

Gráfico densidad-humedad

■ Molde I ■ Molde II ■ Molde III ■ Molde IV ■ Molde V



Observaciones:



ENSAYO PROCTOR
(Norma UNE 103.500)

CLIENTE: G.H.M. CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: G-F2 MA-1 1,40-1,60 FECHA: 13/08/10 Hoja 1 de 1

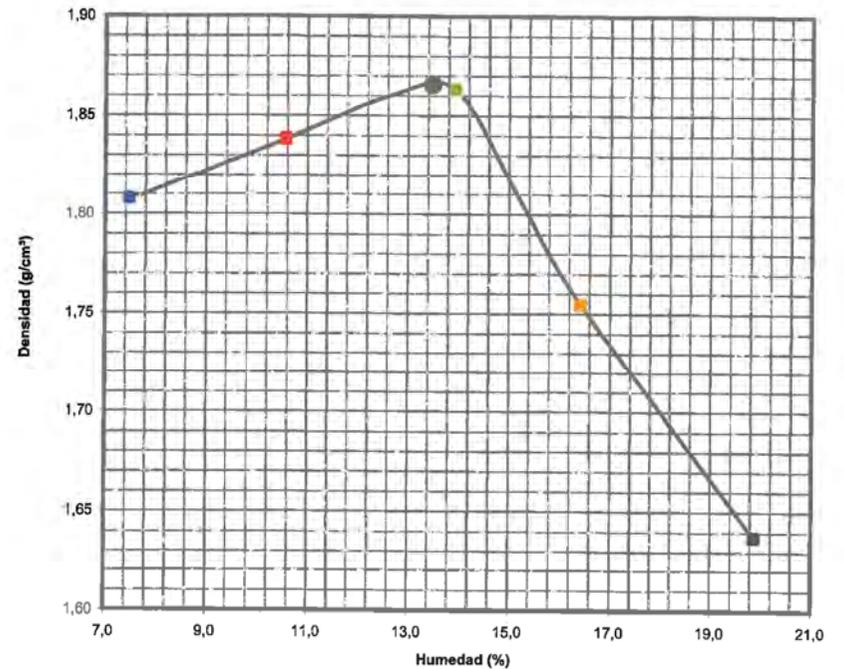
Características	
Tipo ensayo:	Proctor normal
Peso maza (kg):	2,5
Altura caída (cm):	30,5
Nº de capas:	3
Golpes por capa:	26
Material sustituido (%):	0,00

Datos generales	I	II	III	IV	V
Densidad (g/cm³):	1,607	1,838	1,863	1,754	1,637
Humedad (%):	7,50	10,57	13,95	16,43	19,87

Resultados	
Densidad máxima (g/cm³):	1,87
Humedad (%):	13,48

Gráfico densidad-humedad

■ Molde I ■ Molde II ■ Molde III ■ Molde IV ■ Molde V



Observaciones:



DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE MATERIA ORGÁNICA
(Norma UNE-103.204)

CLIENTE: G.H.M. CONSULTORES
TRABAJO: Balsa FRAGA
INDICATIVO: 10607
FECHA: 20/08/10

Resultados de los ensayos

MUESTRA	Materia Orgánica. (%)
C-F1 MA-1 2 SACOS 2.00-2.20	0,197
C-F2 MA-1 2 SACOS 1.40-1.60	0,245



DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CARBONATOS
(Norma UNE-103.200)

CLIENTE: G.H.M. CONSULTORES
TRABAJO: Balsa FRAGA
INDICATIVO: 10607
FECHA: 17/08/10

Resultados de los ensayos

MUESTRA	CO ₂ Ca (%)
C-F1 MA-1 2 SACOS 2.00-2.20	16,92
C-F2 MA-1 2 SACOS 1.40-1.60	16,51



**DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS
(Norma UNE-103.201)**

CLIENTE: G.H.M. CONSULTORES
 TRABAJO: Balsa Fraga
 INDICATIVO: 10607
 FECHA: 25/08/10

Resultados de los ensayos

MUESTRA	SO ₄ (%)
C-F1 MA-1 2 SACOS 2.00-2.20	2,8988
C-F2 MA-1 2 SACOS 1.40-1.60	2,0772
S-1 TP 7.60-8.00	2,9436

CEPASA

Ensayos Geotécnicos, S.A.
 Nicolás Copérnico, 12 Polg. Ind. CODEIN
 28940-FUENLABRADA - MADRID
 Telf: 91-606.88.54 Fax: 609.88.55

Área: **GTL.** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia, ensayos básicos y complementarios 1º, 2º y 3º.
 Nº Registro: 03083GTL05.
 Área: **EHC.b.** Área de control del hormigón y componentes: Ensayos básicos y complementarios segundos.
 Nº Registro: 03150EHC05.

Este informe consta de cincuenta y ocho páginas selladas y numeradas correlativamente de la una a la cincuenta y ocho.

Fuenlabrada, 30 de Agosto de 2010

Por la sección **GTL.b+c1+c2+c3**

Fdo: D. Fco. Cruz Valencia
 Director Gerente

Fdo: D. M. Angel Jiménez Sánchez
 Director Técnico Laboratorio

Fdo: D. Ismael García Cotta
 Jefe de Área

CEPASA ENSAYOS GEOTÉCNICOS, S.A.

C/ Nicolás Copérnico nº 12 - Polígono Industrial Codeín, Fuenlabrada.

Área técnica de acreditación: **GTL.b+c1+c2+c3.** Área de ensayos de laboratorio de geotecnia, ensayos básicos y complementarios 1º, 2º y 3º.

Acreditado por la **Comunidad de Madrid**, fecha de concesión 14 / 04 / 05.

Nº del Registro General de laboratorio acreditado: 03083GTL05.

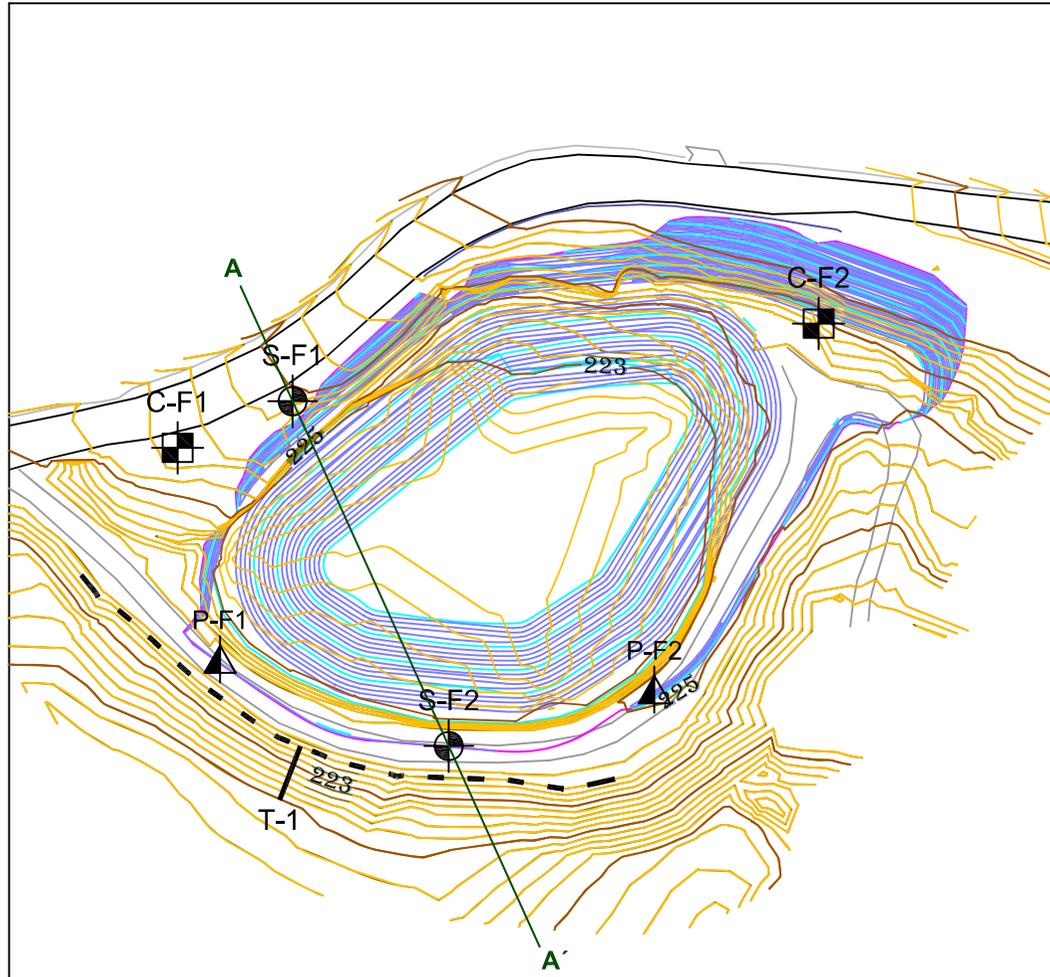
El presente informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio, y sólo afecta a las muestras sometidas a ensayos en la primera página.

Hoja 57 de 58

57/58

Anejo 7

CORTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS



Escala



SIMBOLOGÍA



CALICATA



SONDEO



PENETRÓMETRO



FICHA TALUD



CORTE A - A'

AUTOR:



CLIENTE:



PROYECTO:

Estudio geológico-geotécnico y de prospección de materiales, para la construcción de una balsa en el término municipal de Fraga (Huesca)

PLANO:

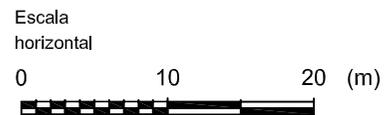
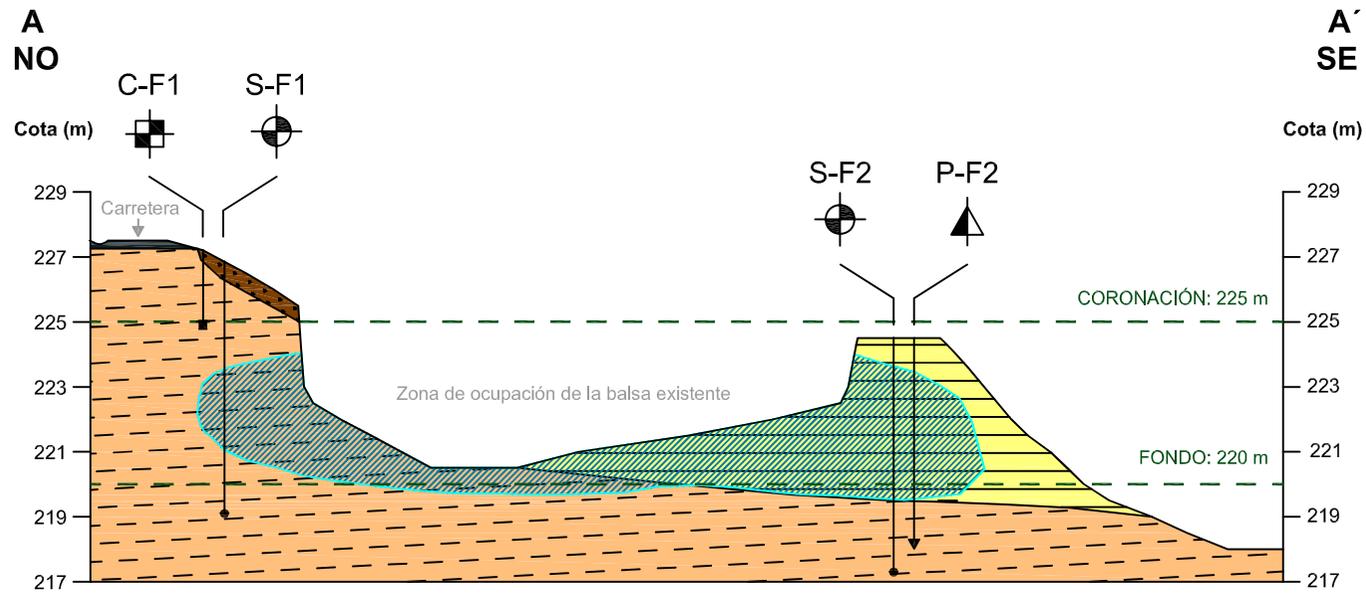
ANEJO 7: CORTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
Plano 1. Localización cortes balsa 24 (Fraga)

FECHA:

SEPTIEMBRE 2.010

ESCALA:

GRÁFICA
(METROS)



LEYENDA

UG 0 Tierra Vegetal	CALICATA
UG 1 Rellenos compactados	SONDEO
UG 2 Arcillas terciarias	PENETRÓMETRO
	Zona de humedad en el terreno

SIMBOLOGÍA

Anejo 8
FOTOGRAFÍAS



Fotografías 1 y 2. Panorámica donde se muestra el aspecto de la balsa existente. A la derecha y de frente se localiza el terraplén artificial de la misma. A la izquierda se aprecia el talud donde se prevé la excavación para ampliación de la balsa.



Fotografía 3. Vista general de la balsa.



Fotografía 4. Vista lateral de la balsa, A la izquierda de la misma, se aprecia el terraplén y el camino de servicio.



Fotografía 5. Vista superior del talud en el que se prevé la excavación para la ampliación de la balsa.



Fotografía 6. Vista lateral del talud en el que se prevé la excavación para la ampliación de la balsa.



Fotografía 7. Vista inferior del talud en el que se prevé la excavación para la ampliación de la balsa.



Fotografía 8. Vista de detalle del talud en el que se prevé la excavación para la ampliación de la balsa, en la que se aprecian algunos desprendimientos.



Fotografía 9. Camino de servicio del terraplén artificial construido para la balsa.



Fotografía 10. Acopio correspondiente a la calicata CF-1.



Fotografía 11. Zanja correspondiente a la calicata CF-1.



Fotografía 12. Emplazamiento de la calicata CF-1.

Anejo 6

ENSAYOS DE LABORATORIO



Fotografía 13. Acopio correspondiente a la calicata CF-2.



Fotografía 14. Emplazamiento de la calicata CF-2, que fue realizada directamente en el talud donde se prevé la excavación para la ampliación de la balsa.



Fotografía 15. Zanja correspondiente a la calicata CF-2.



Fotografía 16. Emplazamiento del ensayo de penetración dinámica PF-1.



Fotografía 17. Emplazamiento del ensayo de penetración dinámica PF-2.



Fotografía 18. Emplazamiento del sondeo SF-1 (sobre el talud donde se prevé la excavación).



Fotografía 19. Caja n° 1 del sondeo SF-1.



Fotografía 20. Caja n° 2 del sondeo SF-1.



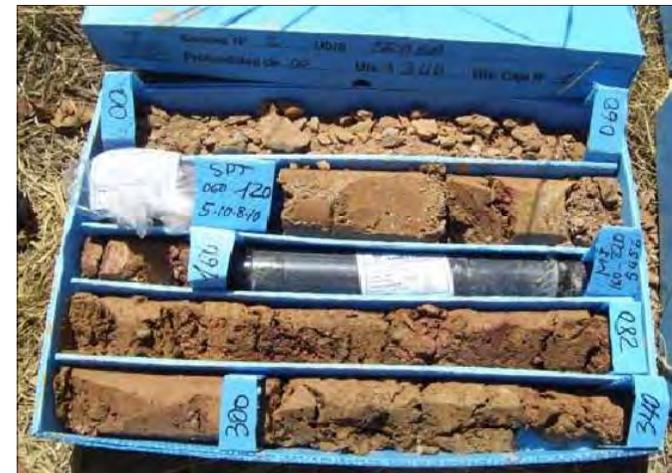
Fotografía 21. Caja n° 3 (final) del sondeo SF-1.



Fotografía 22. Tapa instalada en el sondeo SF-1 tras la finalización del mismo.



Fotografía 23. Emplazamiento del sondeo SF-2 (sobre el terraplén artificial de la balsa).



Fotografía 24. Caja n° 1 del sondeo SF-2.



Fotografía 25. Caja nº 2 del sondeo SF-2.



Fotografía 26. Caja nº 3 (final) del sondeo SF-2.



Fotografía 27. Tapa instalada en el sondeo SF-2 tras la finalización del mismo.

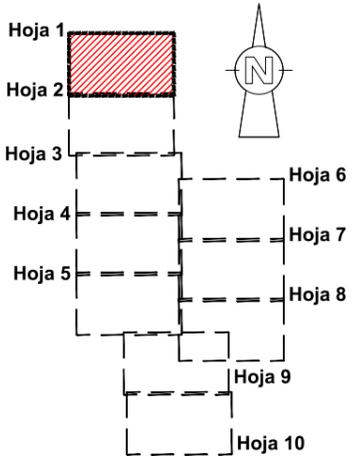
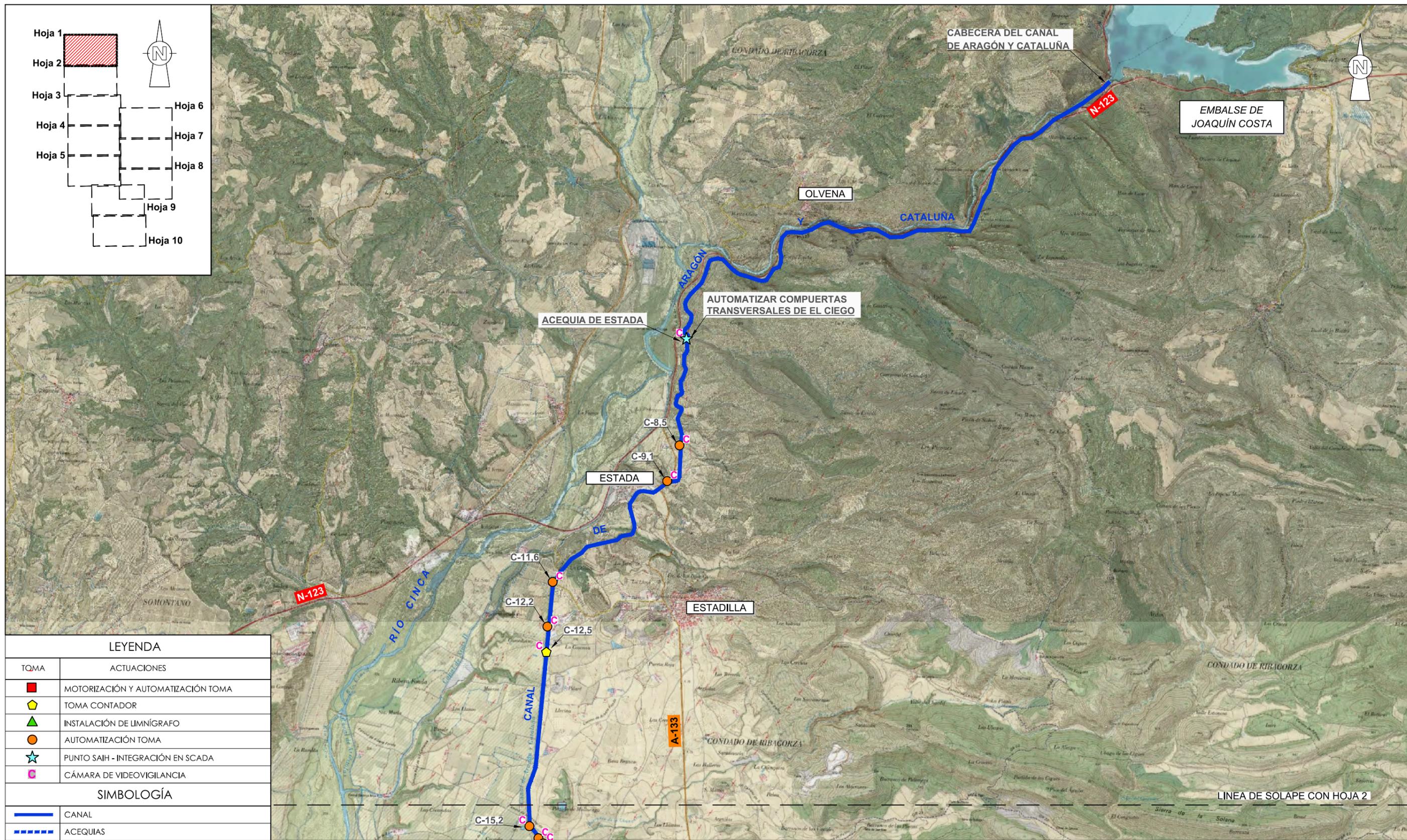


Fotografía 28. Aspecto del terraplén artificial de la balsa, cubierto de vegetación y con desprendimientos superficiales de escasa importancia.

APÉNDICE 1:

Planos de situación de los Estudios Geológicos-Geotécnicos de referencia

PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA
(HUESCA/LÉRIDA)
ANEJO nº 18.- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS



LEYENDA	
TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
	AUTOMATIZACIÓN TOMA
	PUNTO SAH - INTEGRACIÓN EN SCADA
	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA
SIMBOLOGÍA	
	CANAL
	ACEQUIAS

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31



PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/ 50.000

 Original DIN-A3

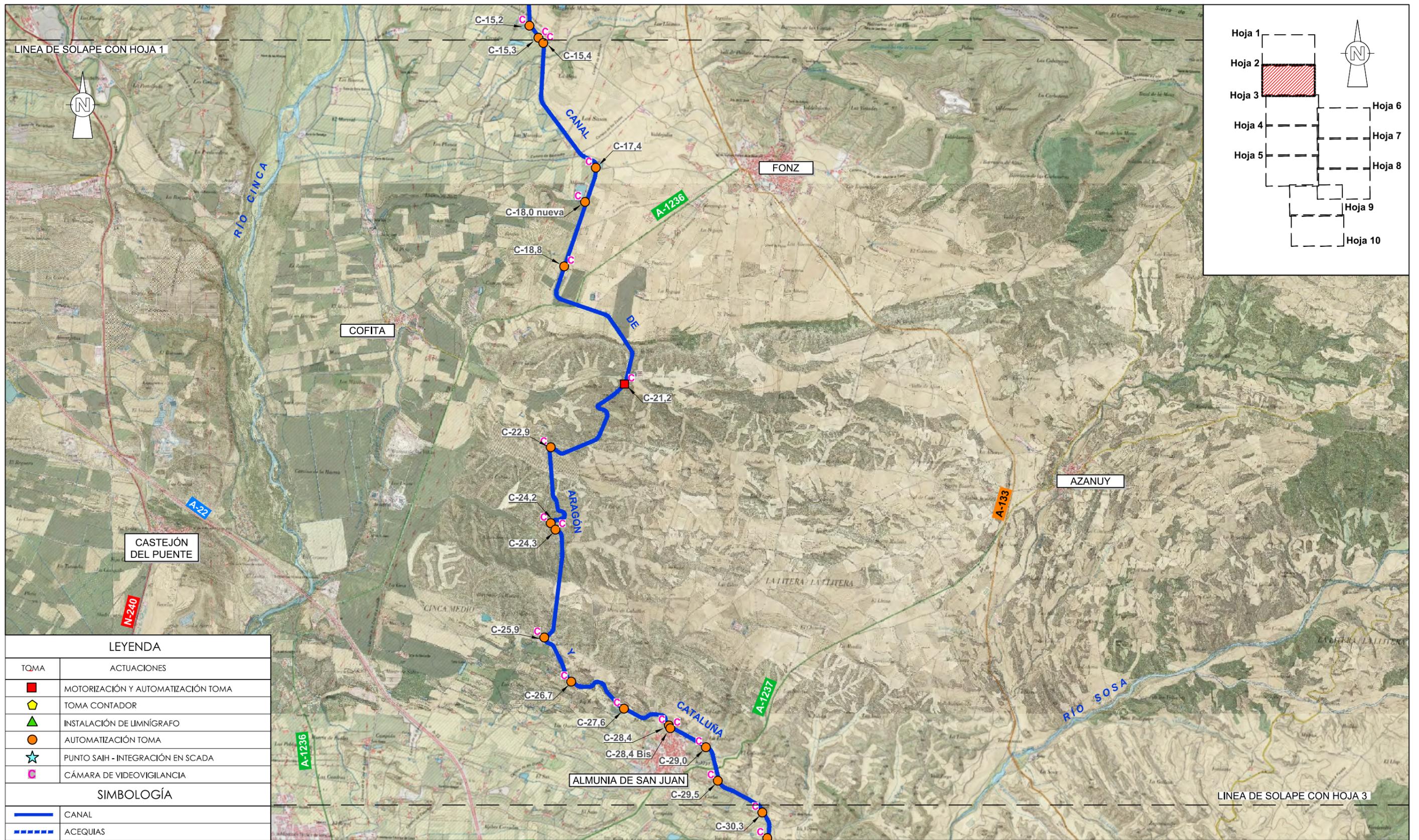
Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto:

 Col. nº 1.678
 Col. nº 22.827

PILAR FITENI MERA
 Ingeniero Industrial
 Ingeniero de Caminos
 PRODIA, S.L.P.

002	Fecha	XXXX
001	dd/mm/aaaa	XXXX
Revisión	Fecha	Descripción
Título del plano: ANEJO Nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DE REFERENCIA		
Aprobado	Plano nº:	1
	Hoja nº:	1 de 10



LEYENDA	
TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
	AUTOMATIZACIÓN TOMA
	PUNTO SAH - INTEGRACIÓN EN SCADA
	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA
SIMBOLOGÍA	
	CANAL
	ACEQUIAS

002	Fecha	XXXX
001	dd/mm/aaaa	XXXX
Revisión	Fecha	Descripción
Título del plano:		
ANEJO Nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS		
PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS		
GEOLOGICOS-GEOTÉCNICOS DE REFERENCIA		
Aprobado	Plano nº:	
	1	
	Hoja nº:	
	2 de 10	

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31



PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/50.000

 Original DIN-A3

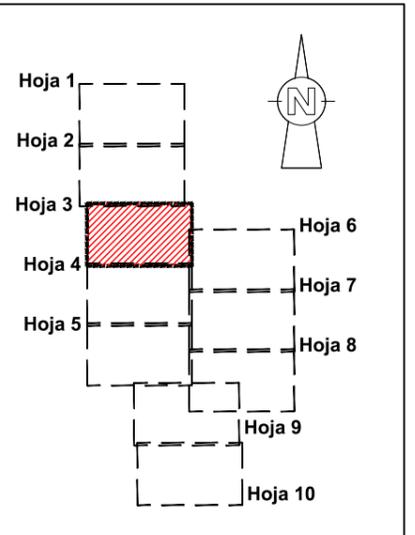
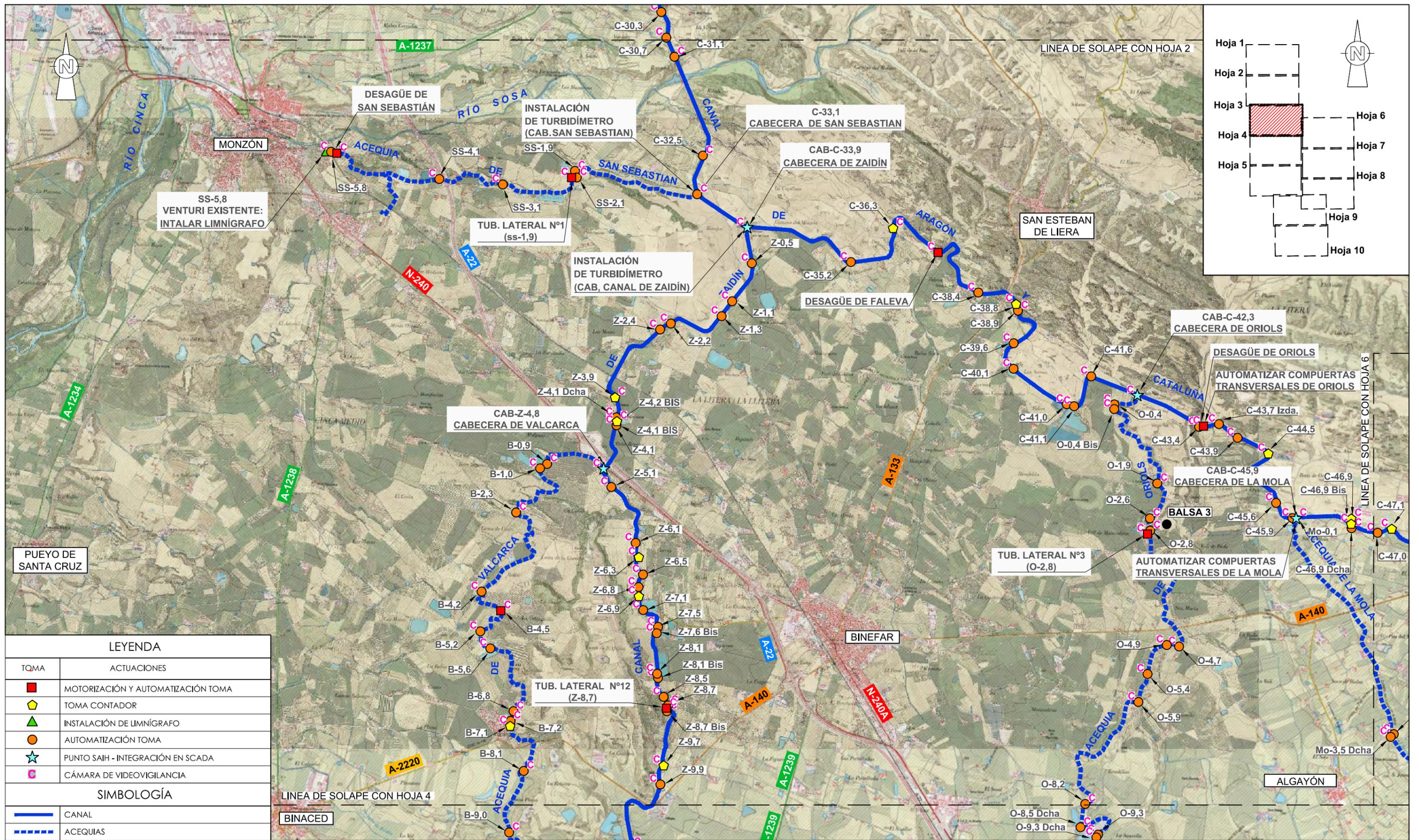
Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto:

 Col. nº 1.678
 Col. nº 22.827

PILAR FITENI MERA
 Ingeniero Industrial
 Ingeniero de Caminos
 PRODIA, S.L.P.

Aprobado
 Plano nº:
 1
 Hoja nº:
 2 de 10



LEYENDA	
TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
	AUTOMATIZACIÓN TOMA
	PUNTO SAH - INTEGRACIÓN EN SCADA
	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA
SIMBOLOGÍA	
	CANAL
	ACEQUIAS

LINEA DE SOLAPE CON HOJA 4
BINACED

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31



PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/50.000
Original DIN-A3

Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto: **PRODIA INGENIERIA**

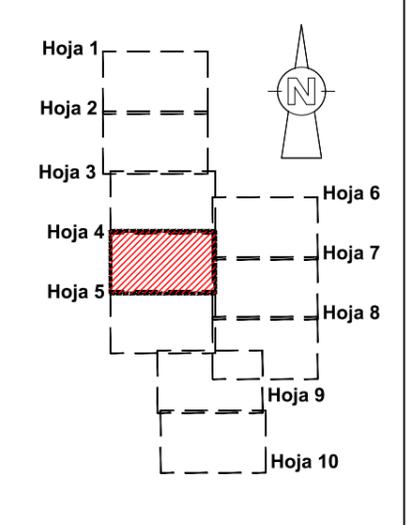
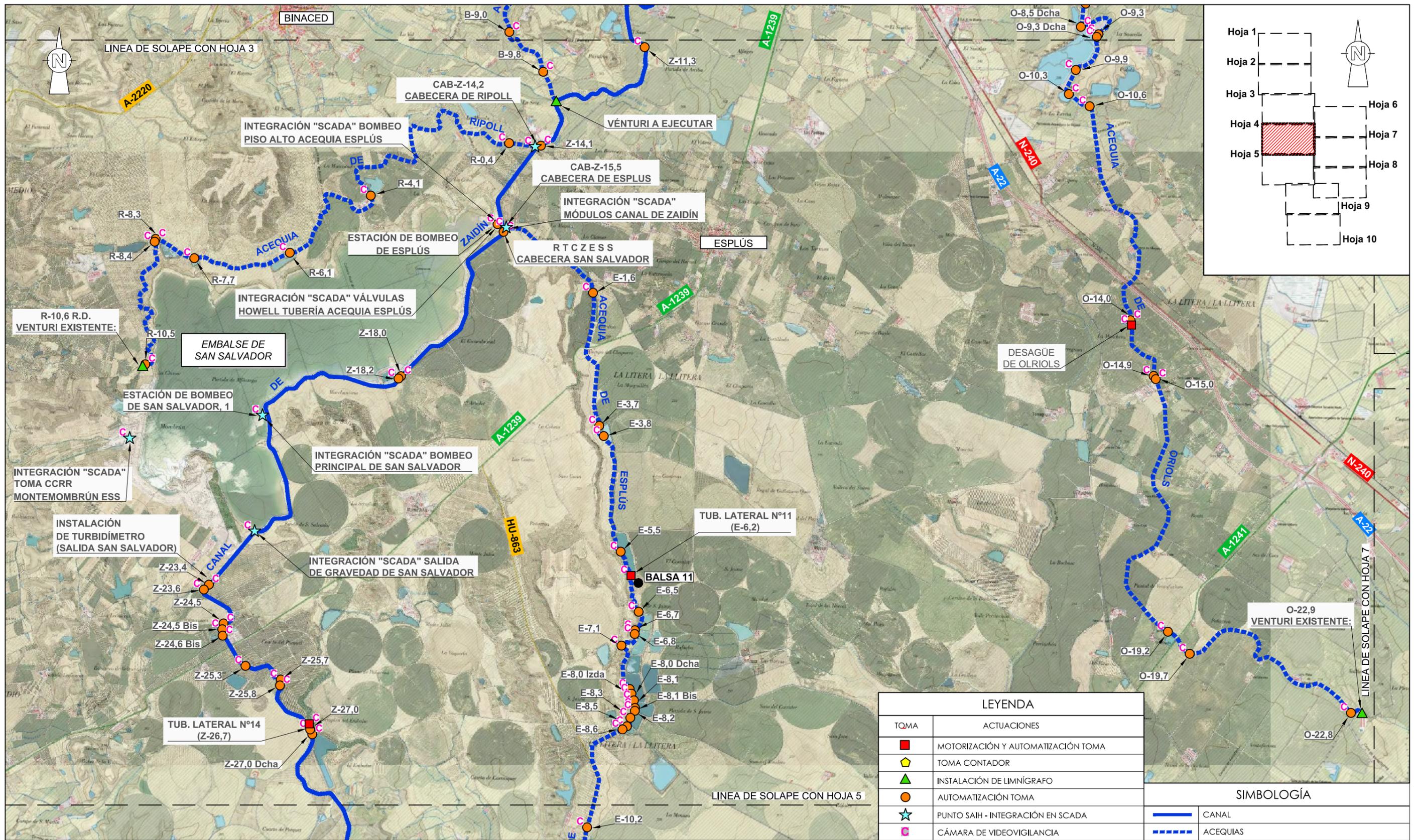
Col. nº 1.678
Col. nº 22.827

PILAR FITENI MERA
Ingeniero Industrial
Ingeniero de Caminos
PRODIA, S.L.P.

Título del plano: ANEXO nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DE REFERENCIA

Aprobado Plano nº: 1
Hoja nº: 3 de 10

002	Fecha	XXXX
001	dd/mm/aaaa	XXXX
Revisión	Fecha	Descripción



LEYENDA	
TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
	AUTOMATIZACIÓN TOMA
	PUNTO SAH - INTEGRACIÓN EN SCADA
	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA

SIMBOLOGÍA	
	CANAL
	ACEQUIAS

002	Fecha	XXXXX	Aprobado
001	dd/mm/aaaa	XXXXX	
	Revisión	Fecha	Descripción
Título del plano:			Aprobado
ANEJO nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS			Plano nº:
PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS			1
GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DE REFERENCIA			Hoja nº:
			4 de 10

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31

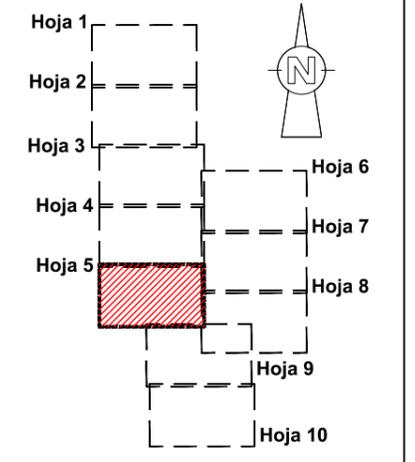
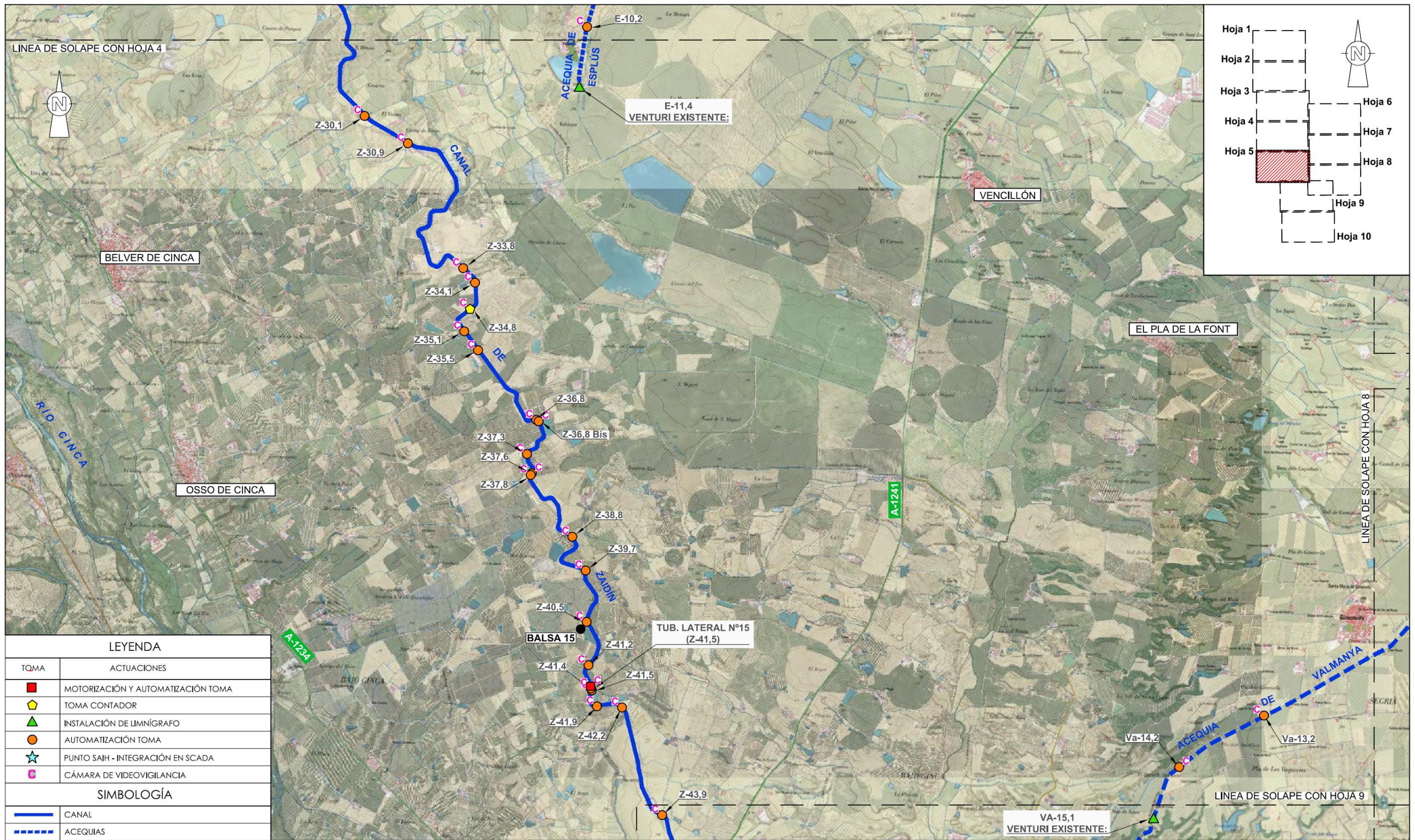
PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/50.000
Original DIN-A3

Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto: Col. nº 1.678 Col. nº 22.827

PILAR FITENI MERA Ingeniero Industrial Ingeniero de Caminos PRODIA, S.L.P.



LEYENDA	
TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
	AUTOMATIZACIÓN TOMA
	PUNTO SAH - INTEGRACIÓN EN SCADA
	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA
SIMBOLOGÍA	
	CANAL
	ACEQUIAS

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31



PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/50.000
Original DIN-A3

Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto: **PRODIA INGENIERIA**

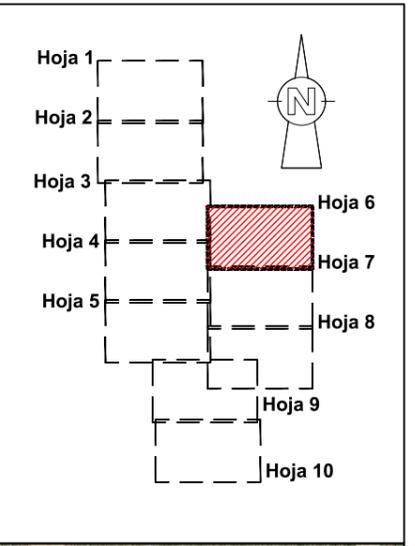
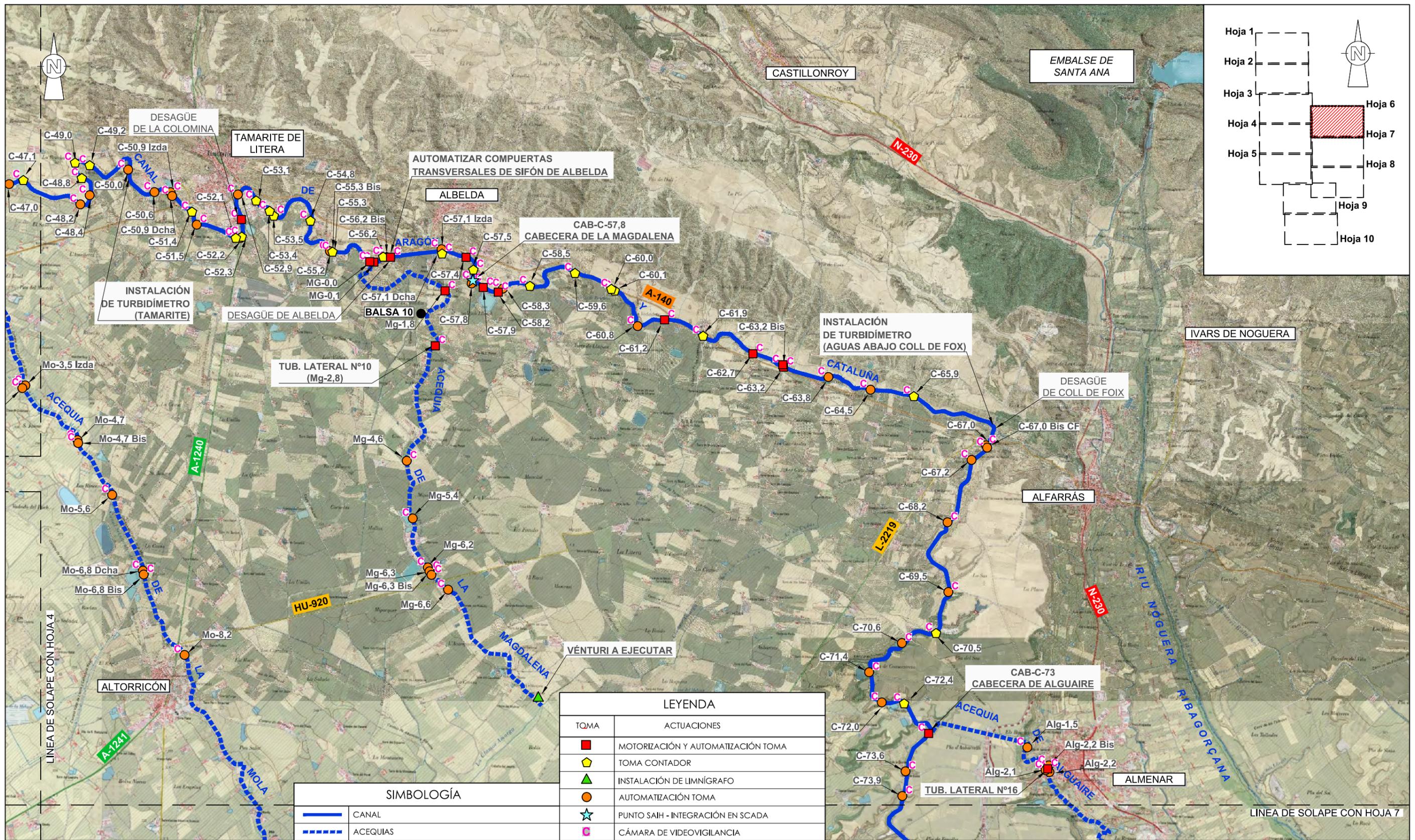
Col. nº 1.678
Col. nº 22.827

PILAR FITENI MERA
Ingeniero Industrial
Ingeniero de Caminos
PRODIA, S.L.P.

002	Fecha	XXXX
001	dd/mm/aaaa	XXXX
Revisión	Fecha	Descripción

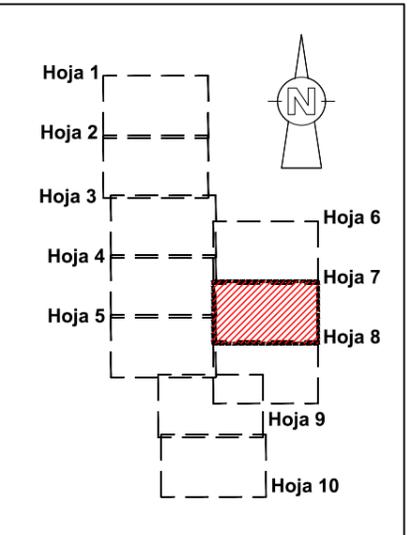
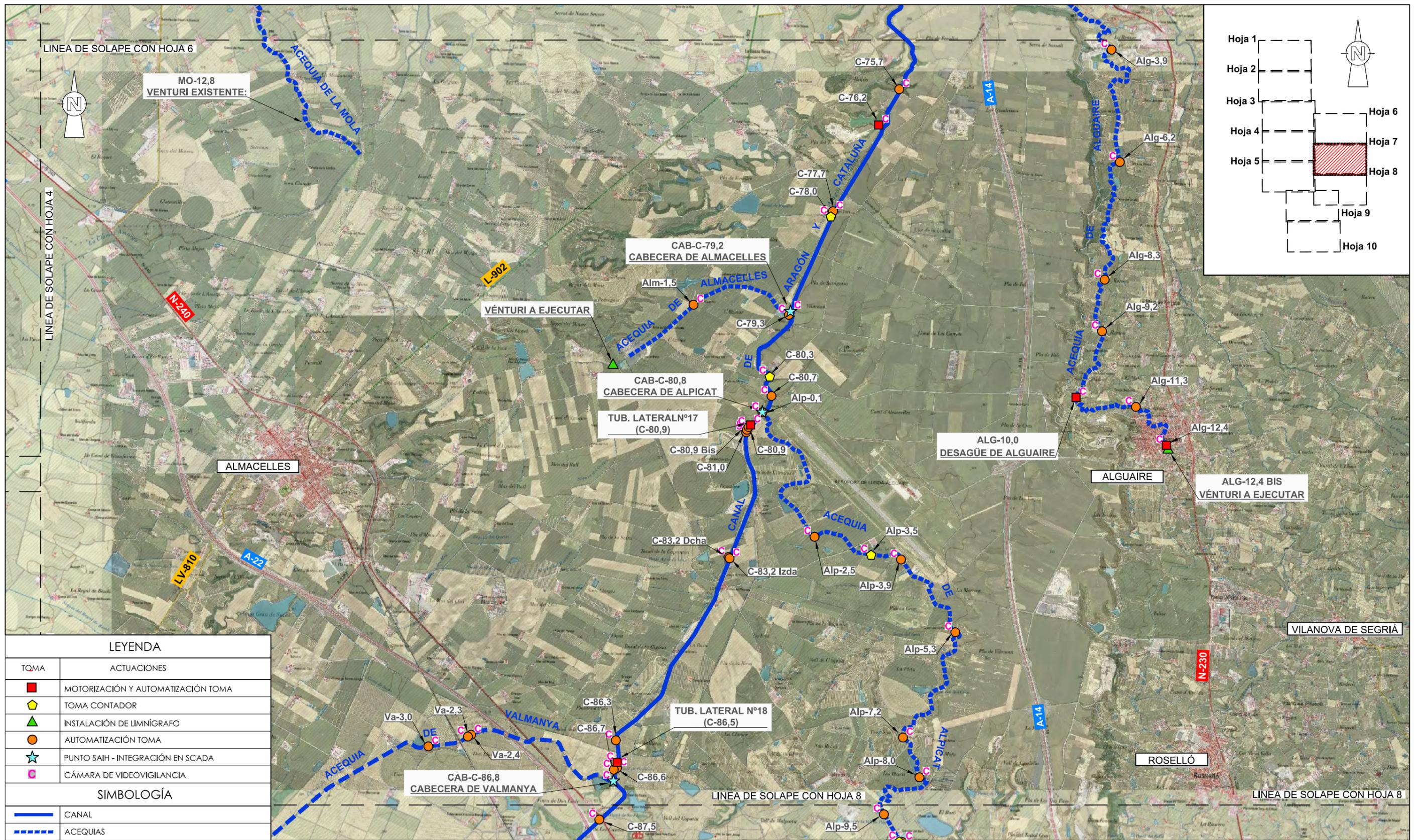
Título del plano:
ANEJO Nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DE REFERENCIA

Aprobado
Plano nº: 1
Hoja nº: 5 de 10



LEYENDA	
TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
	AUTOMATIZACIÓN TOMA
	PUNTO SAIH - INTEGRACIÓN EN SCADA
	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA

SIMBOLOGÍA	
	CANAL
	ACEQUIAS



LEYENDA	
TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
	AUTOMATIZACIÓN TOMA
	PUNTO SAIH - INTEGRACIÓN EN SCADA
	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA
SIMBOLOGÍA	
	CANAL
	ACEQUIAS

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31



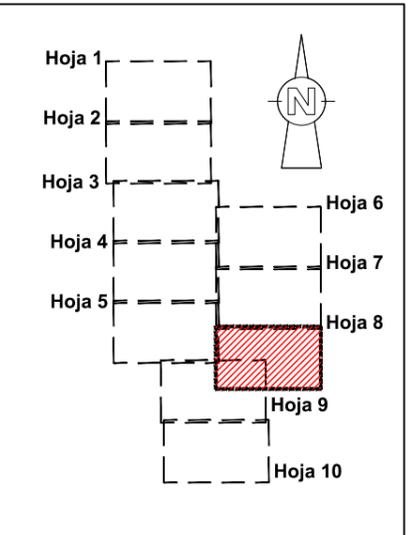
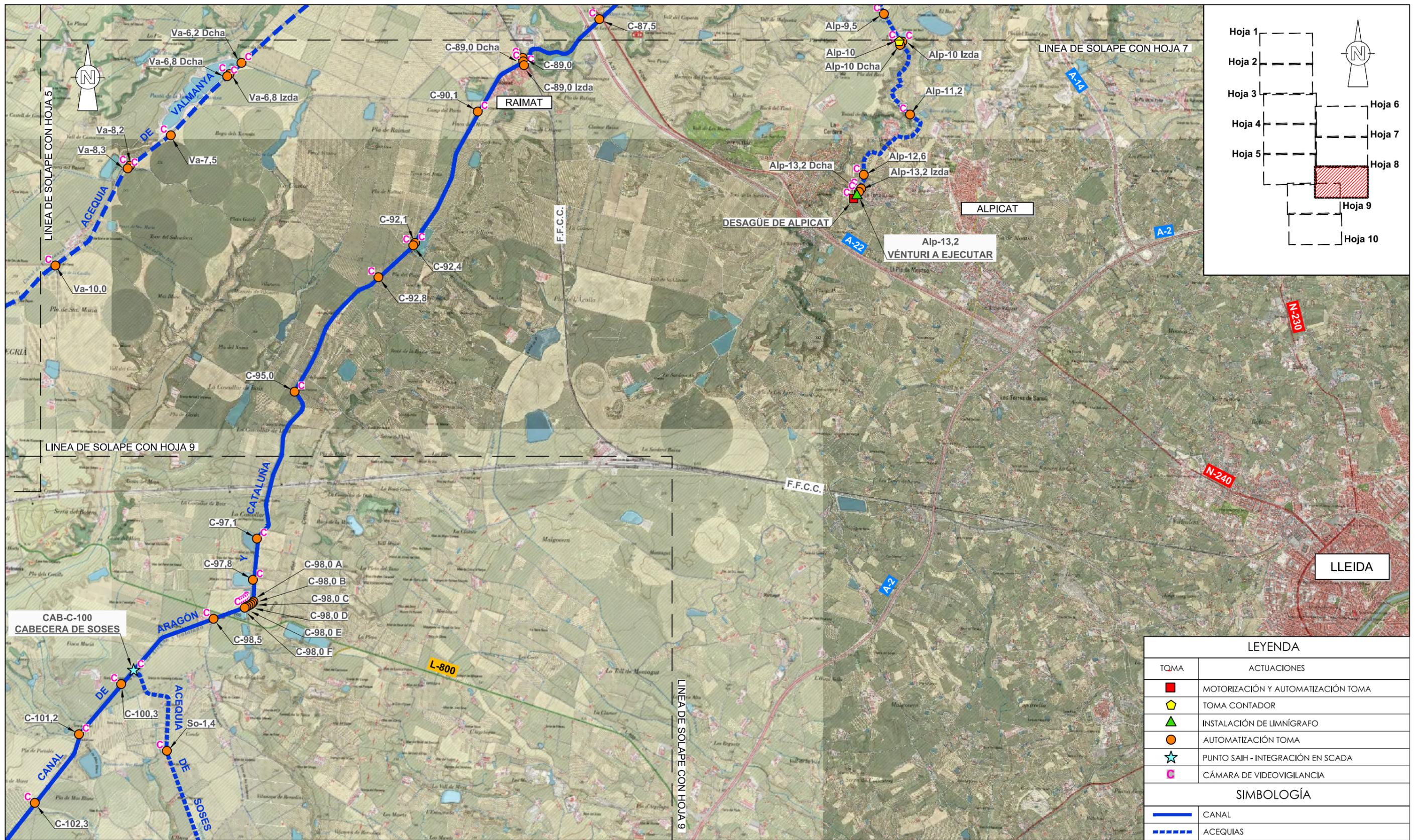
PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/50.000
Original DIN-A3

Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto: PRODA INGENIERIA
Col. nº 1.678
Col. nº 22.827
PILAR FITENI MERA
Ingeniero Industrial
Ingeniero de Caminos
PRODA, S.L.P.

002	Fecha	XXXX	Aprobado
001	dd/mm/aaaa	XXXX	Plano nº:
Revisión	Fecha	Descripción	1
Título del plano: ANEJO Nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PLANTA GENERAL DE LAS TOMAS (HOJA-7)			Hoja nº:
			7 de 10



LEYENDA	
TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
	AUTOMATIZACIÓN TOMA
	PUNTO SAH - INTEGRACIÓN EN SCADA
	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA
SIMBOLOGÍA	
	CANAL
	ACEQUIAS

002	Fecha	XXXX
001	dd/mm/aaaa	XXXX
Revisión	Fecha	Descripción

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31



PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/50.000
Original DIN-A3

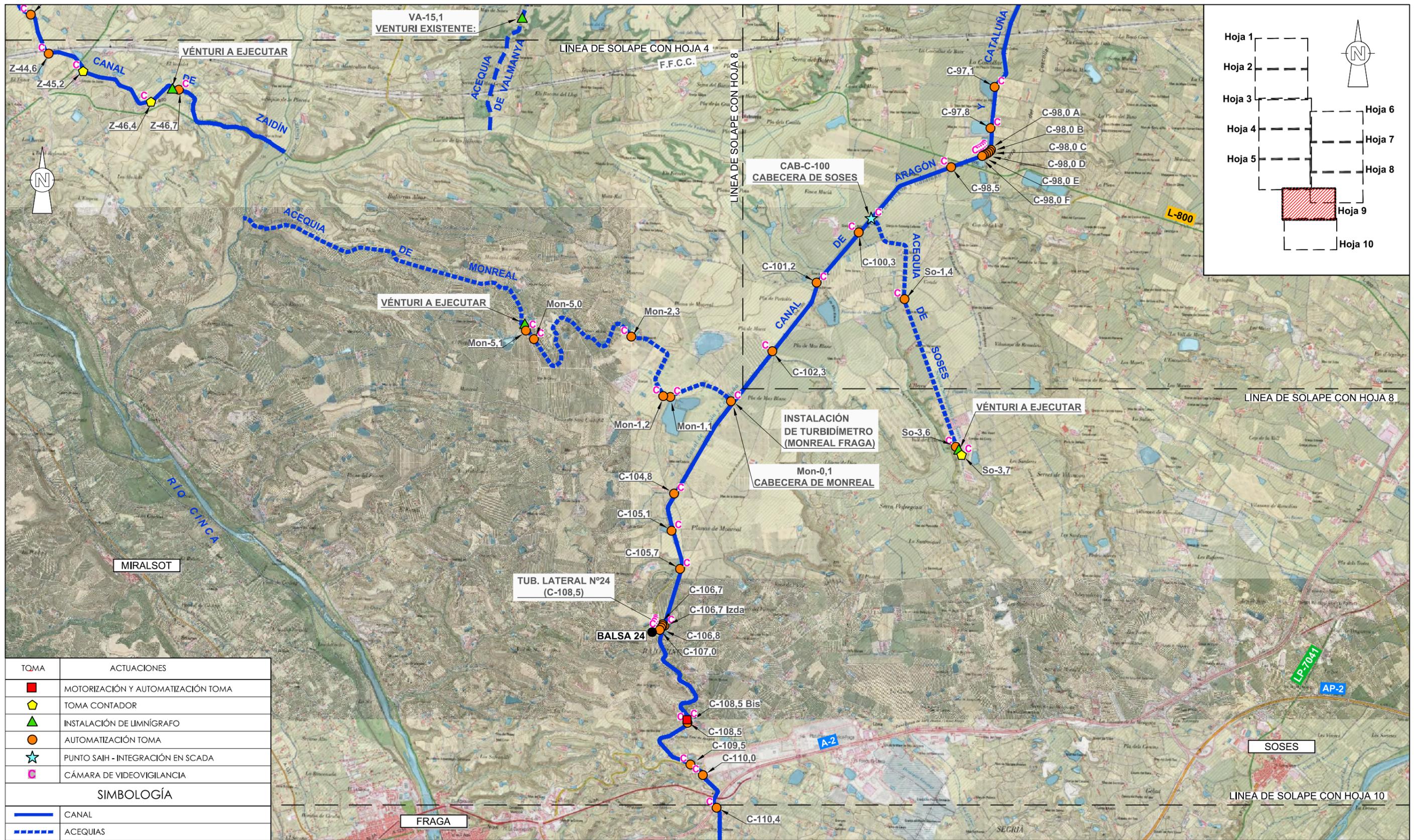
Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto: **PRODIA INGENIERIA**
Col. nº 1.678
Col. nº 22.827

PILAR FITENI MERA
Ingeniero Industrial
Ingeniero de Caminos
PRODIA, S.L.P.

Título del plano: ANEJO nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DE REFERENCIA

Aprobado
Plano nº: 1
Hoja nº: 8 de 10



TOMA	ACTUACIONES
	MOTORIZACION Y AUTOMATIZACION TOMA
	TOMA CONTADOR
	INSTALACION DE LIMNIGRAFO
	AUTOMATIZACION TOMA
	PUNTO SAIH - INTEGRACION EN SCADA
	CAMARA DE VIDEOVIGILANCIA
SIMBOLOGIA	
	CANAL
	ACEQUIAS

002	Fecha	XXXX
001	dd/mm/aaaa	XXXX
Revisión	Fecha	Descripción
Aprobado		
Plano nº:		1
Hoja nº:		9 de 10

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31

PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/50.000

 Original DIN-A3

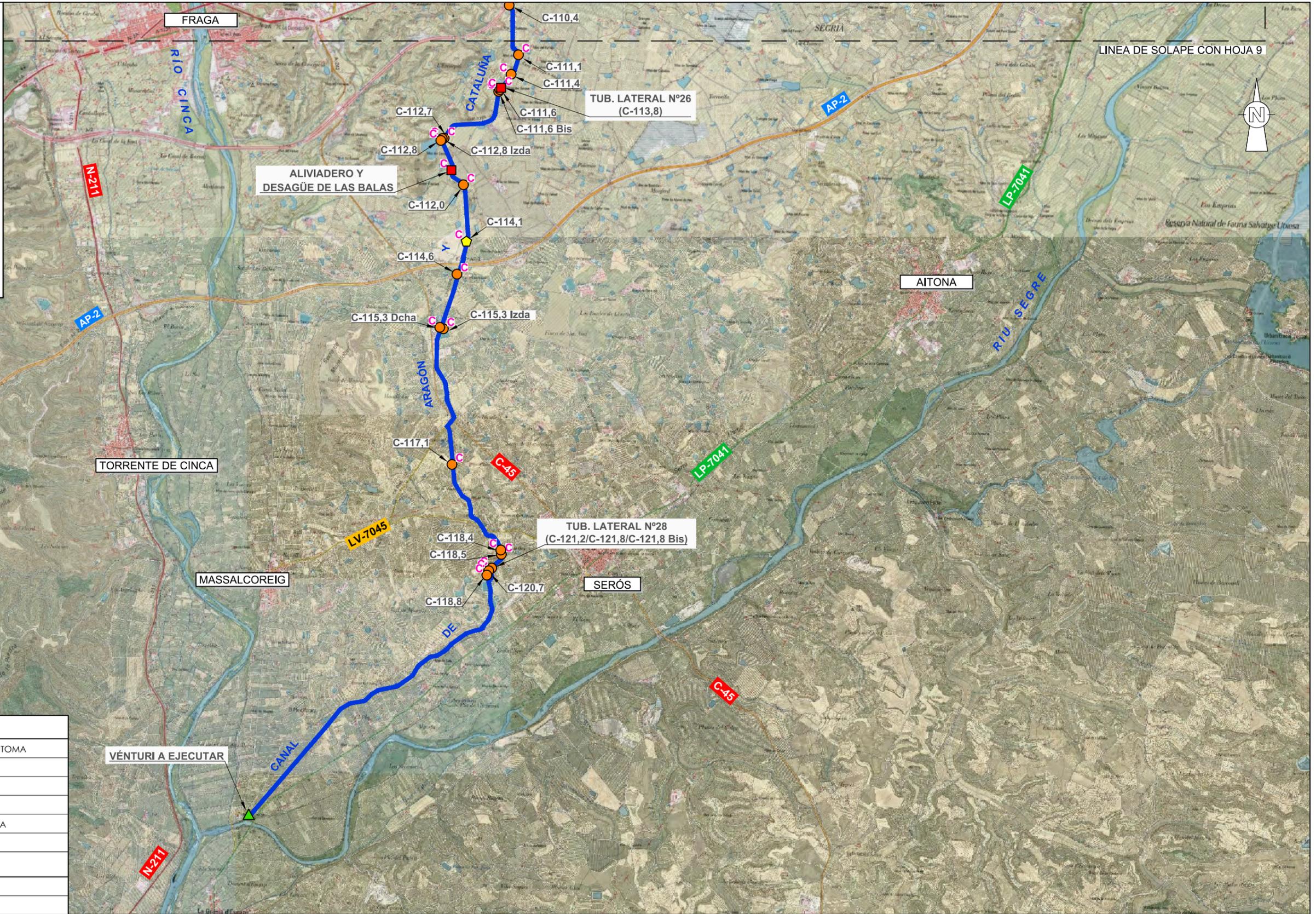
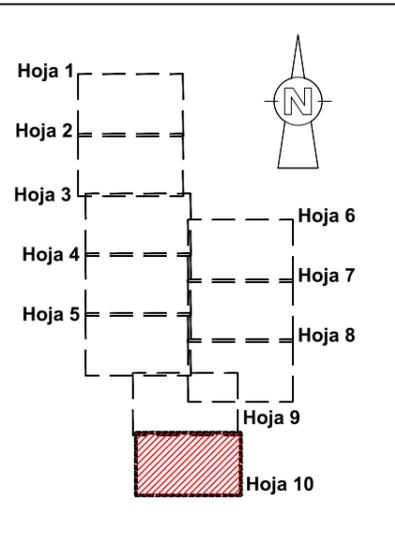
Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto:

 Col. nº 1.678
 Col. nº 22.827

Título del plano:
ANEJO Nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DE REFERENCIA

PILAR FITENI MERA
 Ingeniero Industrial
 Ingeniero de Caminos
 PRODIA, S.L.P.



TOMA	ACTUACIONES
■	MOTORIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN TOMA
▲	TOMA CONTADOR
▲	INSTALACIÓN DE LIMNÍGRAFO
●	AUTOMATIZACIÓN TOMA
★	PUNTO SAH - INTEGRACIÓN EN SCADA
□	CÁMARA DE VIDEOVIGILANCIA
SIMBOLOGÍA	
—	CANAL
- - -	ACEQUIAS

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89 huso 31



PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN Y SISTEMA DE TELEMANDO REMOTO EN EL CANAL DE ARAGÓN Y CATALUÑA (HUESCA/LLEIDA)

Escala: 1/50.000
Original DIN-A3

Fecha: NOVIEMBRE 2022

Autor del Proyecto:

 PILAR FITENI MERA
 Ingeniero Industrial
 Ingeniero de Caminos
 PRODIA, S.L.P.
 Col. nº 1.678
 Col. nº 22.827

002	Fecha	XXXX
001	dd/mm/aaaa	XXXX
Revisión	Fecha	Descripción
Título del plano: ANEJO Nº18 - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS DE REFERENCIA		
Aprobado	Plano nº:	1
	Hoja nº:	10 de 10